

## 明 細 書

### 液体搬送処理デバイス及び液体搬送処理方法

#### 技 術 分 野

本発明は、液体搬送処理デバイス及び液体搬送処理方法に関し、特に、液体そのもの、あるいは、液体に溶解又は内包又は吸着又は付着しているものを搬送させたり、流路の洗浄の処理を行う液体搬送処理デバイス及び液体搬送処理方法に関するものである。

#### 背 景 技 術

従来、液体に電圧を印加するとその接触角が変化することがエレクトロウエット現象として知られており、液滴の形状をコントロールして光学的特性を変化させる機構として利用されており、液滴の接触面積を電気的に変化させたり、液滴の表面形状を電気的に変化させることにより、形状のコントロールが行われる（特許文献1、特許文献2）。

また、このエレクトロウエット現象を利用して、液滴を所定の方向に搬送（移動）させたり分割させることも提案されている（非特許文献1、非特許文献2）。

さらに、誘電泳動として、液滴のような微小粒子が電場の高い方へ移動する現象も知られており、進行波回転電界を作ることにより、電界の進行方向へ液滴を搬送（移動）させることも提案されている（非特許文献3、非特許文献4）。

〔特許文献1〕

特開平9-311643号公報

〔特許文献2〕

特開2000-356708号公報

〔非特許文献1〕

Sensors and Actuators A95(2002) pp. 259-268

〔非特許文献2〕

Journal of Microelectromechanical Systems, Vol. 12, No. 1(2003) pp. 70-80

[非特許文献3]

「新版静電気ハンドブック」(平成10年11月25日 第1版 静電気学会編、(株)オーム社発行) pp. 850-853

[非特許文献4]

計測と制御 第42巻 第1号(2003) pp. 33-37

## 発 明 の 開 示

本発明は従来技術のこのような現状に鑑みてなされたものであり、その目的は、液体そのもの、あるいは、液体に溶解又は内包又は吸着又は付着しているものを搬送(移動)させたり、流路の洗浄の処理を行う液体搬送処理デバイス及び液体搬送処理方法を提供することである。

本発明の別の目的は、液体そのもの、あるいは、液体に溶解又は内包又は吸着又は付着しているものを搬送(移動)させたり、各種の処理(制御)を行う液体搬送処理デバイスを提供することである。

本発明のさらに別の目的は、液体そのもの、あるいは、液体に溶解又は内包又は吸着又は付着しているものを搬送(移動)させたり、混合攪拌の処理を行う液体搬送処理デバイス及び液体搬送処理方法を提供することである。

本発明のさらに別の目的は、液体そのもの、あるいは、液体に溶解又は内包又は吸着又は付着しているものを搬送(移動)させたり、液体の量を測ったり(定量)、一定量の液体を分けて取り出す(分取)処理を行う液体搬送処理デバイス及び液体搬送処理方法を提供することである。

本発明のさらに別の目的は、液体そのもの、あるいは、液体に溶解又は内包又は吸着又は付着しているものを搬送(移動)させたり、複数の液滴から特定の液滴を選択的に取り出したり、並べ替える処理、あるいは、液滴の位置や移動をモニターする処理を行う液体搬送処理デバイス及び液体搬送処理方法を提供することである。

本発明のさらに別の目的は、液体そのもの、あるいは、液体に溶解又は内包又は吸着又は付着しているものを搬送(移動)させたり、各種の処理(制御)を行う液体搬送処理システムを提供することである。

上記目的を達成する本発明の液体搬送処理デバイスは、  
基板上に設けられ、複数の液滴が移動する流路と、

前記流路に存在する液滴を所定の方向に移動させるように、印加される電圧が制御される複数の電極と、

前記流路に存在する液滴と前記複数の電極中の少なくとも一部とを電氣的に絶縁する絶縁層と、を具備し、

前記複数の液滴が通過する流路を介しての前記液滴の汚染を抑制する機能を有するように構成されたことを特徴とするものである。

本発明の液体搬送処理方法は、基板上に設けられ、複数の液滴が移動する流路と、前記流路に存在する液滴を所定の方向に移動させるように印加される電圧が制御される複数の電極と、前記流路に存在する液滴と前記複数の電極中の少なくとも一部とを電氣的に絶縁する絶縁層と、を具備する液体搬送処理デバイスにおける液体搬送処理方法であって、

前記複数の電極に印加された電圧により、前記複数の液滴の中の少なくとも1つを所定の方向に移動させる工程と、

前記所定の方向に移動させられた液滴が通過した流路を介した、前記所定の方向に移動された液滴による残余の前記液滴の汚染を抑制する工程と、  
を有することを特徴とする方法である。

#### 図面の簡単な説明

図1はエレクトロウエッティング現象を利用する第1形態の液体搬送手段の原理を説明するための断面図である。

図2は図1の変形例の要部を示す断面図である。

図3はエレクトロウエッティング現象を利用する第2形態の液体搬送手段の構成を示す断面図である。

図4は第2形態の変形例の液体搬送手段の構成を示す断面図である。

図5は誘電泳動現象を利用して進行波回転電界により搬送する第3形態の液体搬送手段の原理を説明するための断面図である。

図6は流路の断面形状をV溝形状にした例の透視斜視図(a)と部分断面図(b)である。

図7は流路の断面形状を矩形溝形状にした例の透視斜視図(a)と部分断面図(b)である。

図8は流路の断面形状を矩形溝形状にし、共通電極を線状のものにした第1形態の流路

の例の透視斜視図 (a) と部分断面図 (b) である。

図9は流路を平面状にし、共通電極を線状のものにした第1形態の流路の例の透視斜視図 (a) と部分断面図 (b) である。

図10は図9の流路に設ける分割電極群と線状電極の配置を示す平面図 (a) と断面図 (b) である。

図11は図10の配置を変形した第2形態の液体搬送手段を平面型に構成したものの平面図 (a) と断面図 (b) である。

図12は図10の配置において流路をV溝で構成したものの平面図 (a) と断面図 (b) である。

図13は分割電極群の形状の変形例を示す平面図である。

図14は図11の平面型の形態を円筒に丸めて円筒状の液体搬送手段とした例の透視斜視図である。

図15は図4の第2形態の変形例を2次元搬送形にした場合の分解斜視図である。

図16は図1の第1形態、図3の第2形態を2次元搬送形にした場合の分解斜視図である。

図17は図16の構成における分割電極へ配線を接続する構成を示す透視斜視図 (a) と断面図 (b) である。

図18は図1の第1形態を2次元搬送形であって流路を平面状で開放された構成とした場合の分解斜視図 (a) と断面図 (b) である。

図19は図18と同様の流路が平面状で開放された構成とした場合の他の例の平面図である。

図20は線状流路を途中で合流させて2液を混合させる場合の模式図である。

図21は図20のような混合のための液体搬送処理デバイスを流路がV溝で形成された密閉型の液体搬送手段で構成した場合の1例を示す模式的な透視斜視図である。

図22は図20の変形例を示す模式図である。

図23は図22の方式の液体混合を密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路で行わせるようにした例を示す模式的斜視図である。

図24は円筒状の流路を利用して2つの液滴を1つの液滴に混合させる構成と作用を示す模式図である。

図25は1つの液体の1つの液滴に両側から別の液体の2つの液滴を接触させて混合さ



せる場合の流路全体を模式的に示す図である。

図26は2つの流路間に攪拌部を設けた1例の分割電極パターン(a)と移動方向(b)を示す図である。

図27は2つの流路間に攪拌部を設けた別の例の分割電極パターンを示す図である。

図28は滴滴を1本の流路中を往復動させて滴滴を流路中で転がすことにより攪拌を促進させる例を示す図である。

図29は2つの流路間に攪拌部を設けた別の例の構成を示す模式図である。

図30は2つの流路間に攪拌部を設けたさらに別の例の構成を示す模式図である。

図31は基板中に溝を設けてその途中の流路にジグザグを入れる突起群を配置して攪拌を促進する構成の模式的斜視図である。

図32は基板中に溝を設けてその途中の流路に流路を一旦狭める門部を配置して攪拌を促進する構成の模式的斜視図である。

図33は密閉された線状流路(a)又は開放された平面状の流路(b)の液滴進行方向に親水領域と撥水領域とを交互に設けて攪拌を促進する場合の模式図である。

図34は図27の方式の液体攪拌を密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路で行わせるようにした例を示す模式的平面図である。

図35は図28の方式の液体攪拌を密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路で行わせるようにした例を示す模式的平面図である。

図36は図27の方式の液体攪拌を密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路で行わせるようにした別の例を示す模式的平面図である。

図37は図26の方式の液体攪拌を密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路で行わせるようにした例を示す模式的平面図である。

図38は流路中に液体を搬送しなら液体の定量、液体の分取のための1つの構成例と作用を模式的に示す平面図である。

図39は図38のような分取方法を利用して一定時間経過毎に一定量の液体を取り出し、その時間経過による変化等を見る例を示す模式図である。

図40は1本の線状の流路のみを利用して所定量の液体を分取するための例の動作を模式的に示す平面図である。

図41は円筒状の流路を利用して図40と同様に所定量の液体を分取するための例の動作を模式的に示す平面図である。

図4 2は所定量の液体の分取を密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路で行わせるようにした例を示す模式的平面図である。

図4 3は密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路で一定時間経過毎に一定量の液体を取り出し、その時間経過による変化等を見る例を示す模式図である。

図4 4は密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路を洗浄する例を模式的に示す図である。

図4 5は流路の汚染される部分を交換する例を模式的に示す図である。

図4 6は複数の液滴を順次搬送する場合に、液滴間に洗浄液の液滴を介在させることにより流路を順次洗浄して液滴間で汚染が起こらないようにした例を示す模式図である。

図4 7は密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路に照明光を当てその流路の面を撮像することにより液滴の移動をモニターする構成を模式的に示す図である。

図4 8は図1の液体搬送手段で搬送される液滴の位置をモニターする構成例を示す図である。

図4 9は空間周波数フィルタリングの手法を導入して図1の液体搬送手段で搬送される液滴の位置をモニターする構成例を示す断面図である。

図5 0は2次元平面状の流路上に並列配置された液滴を選択的に取り出したり並べ替える例を示す斜視図(a)を平面図(b)である。

図5 1は液体処理ユニットの例を示す模式的斜視図である。

図5 2は液体の処理目的に合わせて処理ユニットを任意に組み合わせて種々の処理を行わせることができることを示す模式的斜視図である。

図5 3は円形の循環流路を設けて循環流路中に液体処理部とその処理後の液体の特性を検出する液体特性検出部とを配置する例の模式的斜視図である。

### 発明を実施するための最良の形態

以下に、図面を参照にして本発明の液体搬送処理デバイスの実施例を説明する。

まず、液体搬送手段の基本形を説明する。

図1は、エレクトロウエット現象を利用する第1形態の液体搬送手段の原理を説明するための図である。この液体搬送手段では、図1(a)に示すように、基板7と基板8とを平行に対向配置している。その際、基板7と基板8の間には、所定の間隔で隙間9が形成されている。一方の基板7の内面、すなわち基板8側の面には、第2の電極が設けら

れている。この第2の電極は、共通電極（共通電極膜）2である。この共通電極2には、例えば金のような、化学反応に対して安定で撥水性の材料が用いられる。他方の基板8の内面、すなわち基板7側の面には、第1の電極が設けられている。この第1の電極は、多数の分割電極 $3_1 \sim 3_n$ の集合からなる分割電極群3である。分割電極 $3_1 \sim 3_n$ は、相互に並列配置されている。また、分割電極群3の表面は、アモルファスフッ素樹脂（例：商品名サイトップ（旭ガラス（株）））膜、 $\text{SiO}_2$ 膜のような絶縁膜4で覆われている。よって、所定の間隔とは、正確には、共通電極2から絶縁膜4までの距離ということになる。

前述のように、基板7と基板8の間には、所定の間隔を持つ隙間9が形成されている。この隙間9の間隔は、例えば $1\mu\text{l}$ （マイクロリットル）程度の液滴1が共通電極膜2と絶縁膜4とに接して孤立する程度になっている。ここで、液滴1としては、電解質溶液でも絶縁性の液体でもよい。図1では、液滴1と絶縁膜4が比較的濡れ性良く入っているように描かれている。しかしながら、絶縁膜4の表面エネルギーが低い場合には、液滴1はより球形に近い形で間隔9内に孤立して入る。

共通電極2と分割電極群3の分割電極 $3_1 \sim 3_n$ との間には、電源5が設けられている。電源5は直流電源でも交流電源でもよい。そして、分割電極群3側には、スイッチ群6が接続されている。スイッチ群6のそれぞれスイッチ $6_1 \sim 6_n$ は、分割電極群3の分割電極 $3_1 \sim 3_n$ と一対一に対応するように接続されている。よって、スイッチ群6の中、例えばスイッチ $6_3$ が接続されると、対応する分割電極 $3_3$ に直流電源5の電圧が印加されるようになっている。また、スイッチ群6のそれぞれのスイッチ $6_1 \sim 6_n$ は、制御装置10に接続されている。よって、制御装置10により、個々のスイッチの開閉動作を制御できるようになっている。

このような配置で、制御装置10により、スイッチ群6の全てのスイッチ $6_1 \sim 6_n$ を開放した状態にする。この状態が、図1（a）である。この状態では、隙間9、すなわち共通電極2と絶縁膜4の間に位置する液滴1には、何ら力がかかわらない。よって、液滴1は、そのままの位置を保つ。次に、このような状態から、図1（b）に示すように、スイッチ $6_3$ 、 $6_4$ 、 $6_5$ を制御装置10により同時に閉じる。

ここで、スイッチ $6_3$ は分割電極 $3_3$ に接続され、スイッチ $6_4$ は分割電極 $3_4$ に接続され、スイッチ $6_5$ は分割電極 $3_5$ に接続されている。また、分割電極 $3_3$ 、 $3_4$ は液滴1の最初の位置（点線）の右側部分に対応して位置し、分割電極 $3_5$ は分割電極 $3_3$ 、 $3_4$

より右側に位置している。よって、スイッチ $6_3$ 、 $6_4$ 、 $6_5$ が閉じると、電源5の一方の電極からは、例えばプラスの電圧が共通電極膜2にかかる。そして、そのプラス電圧は、液滴1が電解質の場合は、液滴1を通して絶縁膜4に接する面にプラスイオンを集める。液滴1が絶縁性の場合は、分極を発生させ絶縁膜4に接する面にプラス電荷を集める。一方、直流電源5の他方の電極からは、この場合にマイナスの電荷が、スイッチ $6_3$ 、 $6_4$ 、 $6_5$ を通して分割電極 $3_3$ 、 $3_4$ 、 $3_5$ に流れ込み、絶縁膜4に接する側に集まる。このとき、液滴1の絶縁膜4に集まったプラスの電荷の中心と、分割電極 $3_3$ 、 $3_4$ 、 $3_5$ の絶縁膜4に接する側に集まったマイナスの電荷の中心とは、プラス側が相対的に図の左に位置し、マイナス側が相対的に図の右に位置する。よって、両者の間にずれが生じ、液滴1には電氣的引力が作用し、液滴1は点線の位置から実線の位置へ矢印方向へ移動することになる。

次に、分割電極 $3_3$ のスイッチ $6_3$ を切り、その代わりに、液滴1位置（破線）の右側の分割電極 $3_4$ のスイッチ $6_4$ 閉じる。この状態が図1（c）である。分割電極 $3_3$ は、図1（b）の状態での液滴1の位置（破線）の左側部分に位置にある電極である。一方、分割電極 $3_4$ は、液滴1の位置（破線）の右側部分に位置にある電極である。よって、図1（b）で液滴1が移動したのと同様の理由で、液滴1は破線の位置から実線の位置へ矢印方向にさらに移動することになる。

このように、本発明の液体搬送手段（液体移動装置）は、共通電極2と、複数の分割電極 $3_1 \sim 3_6$ と、この複数の分割電極 $3_1 \sim 3_6$ の表面（共通電極2側）に設けられた絶縁膜4と、分割電極 $3_1 \sim 3_6$ に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御装置10を備えている。そして、共通電極2と絶縁膜4の隙間は、液滴1が両側で接触するような間隔となっている。そして、制御装置10により液滴1を絶縁膜4に沿って移動させるように、複数の並列配置された分割電極 $3_1 \sim 3_6$ に印加する印加電圧を順次個別にON・OFFするように制御することで、液滴1の液体を所定方向に移動させることができる。

以上の説明では、電源5として直流電源を用いたように説明しているが、交流電源を用いた場合でも同様の説明になり、液滴1はスイッチ群6のスイッチ $6_1 \sim 6_6$ が順に閉じられる方向に移動する。

ところで、図1の第1形態の液体搬送手段において、液滴1が移動するのは、電圧を左右で非対称に印加すると、エレクトロウエッティング現象により液滴1の左右の裾での絶縁

膜4に対する接触角がアンバランスになるためであるので、電圧を印加しない状態では絶縁膜4の表面は可能な限り撥水性が高いことが望ましい。そこで、図2に要部を示すように、絶縁膜4の表面にアモルファスフッ素樹脂（例：商品名サイトップ（旭ガラス（株）））等からなる撥水層11を設けておくと、液滴1の移動がよりスムーズになる。

図3（a）は、エレクトロウエッティング現象を利用する第2形態の液体搬送手段の構成を示す図であり、図1（a）に対応する。この場合には、図1の場合と比較して、共通電極（共通電極膜）2の表面もアモルファスフッ素樹脂膜、 $\text{SiO}_2$ 膜のような絶縁膜4'で覆っている点で異なるのみで、液滴1が搬送される原理も、図1の場合に液滴1が絶縁性の液体である場合と同じに説明でき、図1の場合と同様に、制御装置10によってスイッチ群6のスイッチ6<sub>1</sub>～6<sub>6</sub>を個別に制御して、順次ON・OFFするように制御することで、分割電極3<sub>1</sub>～3<sub>6</sub>に印加する印加電圧を電極毎に個別に順次ON・OFFすることで、液滴1の液体を所定方向に移動させることができる。

この第2形態の液体搬送手段においても、電圧を印加しない状態では絶縁膜4と4'の表面は可能な限り撥水性が高いことが望ましい。そこで、図3（b）に要部を示すように、絶縁膜4、4'の表面にそれぞれアモルファスフッ素樹脂等からなる撥水層11、11'を設けておくことが、液滴1の移動をよりスムーズにする上で好ましい。

図4は、第2形態の変形例の液体搬送手段の構成を示す図であり、図3（a）に対応する。この場合は、基板7に、共通電極（共通電極膜）2の代わりに、分割電極群3と同様に多数の分割電極3'<sub>1</sub>～3'<sub>6</sub>の集合からなる分割電極群3'を配置し、その表面を絶縁膜4'で覆い、そして、必要に応じて両側の絶縁膜4、4'の表面に撥水層11、11'を設ける。そして、この分割電極群3'にも、分割電極群3と同様にスイッチ群6'が接続されており、スイッチ群6'のそれぞれスイッチ6'<sub>1</sub>～6'<sub>6</sub>は、分割電極群3'の分割電極3'<sub>1</sub>～3'<sub>6</sub>と一対一に対応するように接続されている。そして、スイッチ群6'のそれぞれのスイッチ6'<sub>1</sub>～6'<sub>6</sub>は、別の制御装置10'に接続されており、制御装置10'により、スイッチ群6'の個々のスイッチ6'<sub>1</sub>～6'<sub>6</sub>の開閉動作を制御できるようになっている。

この場合に、制御装置10と制御装置10'とが連携して上下対応する位置のスイッチ6'<sub>1</sub>～6'<sub>6</sub>を個別に制御して順次ON・OFFして、分割電極3<sub>1</sub>～3<sub>6</sub>、3'<sub>1</sub>～3'<sub>6</sub>間に印加する印加電圧を対応する位置の電極毎に個別に順次ON・OFFすることで、液滴1の液体を所定方向に移動させることができる。

この場合には、液滴1の上下両方でエレクトロウエッティング現象により絶縁膜4に対する液滴1の裾の接触角がアンバランスになるため、液滴1はより移動しやすくなる。

なお、図4の場合は、図の面内で左右に移動することを想定しているが、例えば分割電極 $3_1 \sim 3_6$ 、 $3'_1 \sim 3'_6$ を長尺で平行な電極とし、下側の分割電極 $3_1 \sim 3_6$ の長手方向と上側の分割電極 $3'_1 \sim 3'_6$ の長手方向とを直角に設定して、液晶表示装置で用いる単純マトリックス駆動の電極構造を採用することにより、XY2次元方向に液滴1を移動できるようになる（後記の実施例参照）。

図5は、誘電泳動現象を利用して進行波回転電界により液滴を搬送する第3形態の液体搬送手段の原理を説明するための図である。この液体搬送手段では、図5に示すように、基板8の面に多数の分割電極 $3_1 \sim 3_6$ の集合からなる分割電極群3を設け、その分割電極群3の表面を絶縁膜4で覆い、必要に応じてその絶縁膜4の表面に撥水層11を設ける。その撥水層11上に液滴1を滴下する。

一方、電源として3相交流電源15を用意し、その3相交流電源15からの3本の電線 $17_1 \sim 17_3$ はスイッチ機能を兼ねる位相制御回路（スイッチ・位相制御回路）16を経て、分割電極群3の分割電極 $3_1 \sim 3_6$ に接続されているが、3個毎の分割電極 $3_1$ と $3_4$ 、 $3_2$ と $3_5$ 、 $3_3$ と $3_6$ はそれぞれ同じ電線 $17_1 \sim 17_3$ に接続されており、図の場合、例えば、電線 $17_1$ に印加される交流電圧の位相は、スイッチ・位相制御回路16により位相が $120^\circ$ 進んだ状態あるいは遅れた状態に制御され、電線 $17_2$ に印加される交流電圧の位相は進みも遅れもなく保たれ、電線 $17_1$ に印加される交流電圧の位相は $120^\circ$ 遅れた状態あるいは進んだ状態に制御される。

このような状態で、スイッチ・位相制御回路16により位相を制御して、電線 $17_2$ （分割電極 $3_2$ 、 $3_5$ ）に印加する交流電圧に対して、電線 $17_1$ （分割電極 $3_1$ 、 $3_4$ ）に位相が $120^\circ$ 進んだ交流電圧を、電線 $17_3$ （分割電極 $3_3$ 、 $3_6$ ）に位相が $120^\circ$ 遅れた交流電圧をそれぞれ印加すると、撥水層11の表面側には、実線矢印で示す進行波回転電界が生じ、誘電泳動現象により液滴1には実線矢印方向の力が加わって図の右方向に移動する。それとは逆に、電線 $17_2$ （分割電極 $3_2$ 、 $3_5$ ）に印加する交流電圧に対して、電線 $17_1$ （分割電極 $3_1$ 、 $3_4$ ）に位相が $120^\circ$ 遅れた交流電圧を、電線 $17_3$ （分割電極 $3_3$ 、 $3_6$ ）に位相が $120^\circ$ 進んだ交流電圧をそれぞれ印加すると、撥水層11の表面側には、点線矢印で示す進行波回転電界が生じ、誘電泳動現象により液滴1には点線矢印方向の力が加わって図の左方向に移動する。

次に、以上のような第1～第3形態の液体搬送手段の何れかを採用した場合の流路の形状の例について説明する。図6は、流路の断面形状をV溝形状にした例の透視斜視図(a)と部分断面図(b)である。この構成では、基板8に液滴1をガイドするV溝20が設けられ、そのV溝20の底面に分割電極群3とそれを覆う絶縁膜4とが設けられている。そして、第1～第2形態の場合は、V溝20が形成された基板8上に基板7を重ね合わせて一体化されるが、基板8と基板7の間のV溝20の上には、共通電極2あるいは分割電極群3' (第2形態の変形例) が配置される。第2形態の場合には、共通電極2又は分割電極群3'の液滴1に接する表面は絶縁膜4'で覆われる。なお、第3形態の場合は、基板7と共通電極2あるいは分割電極群3'は省かれる。

図7は、流路の断面形状を矩形溝形状にした例の透視斜視図(a)と部分断面図(b)である。この例は、図6のV溝20の代わりに矩形溝21を設けた点のみで異なり、その他は同じであるので、これ以上の説明は省く。

図8は、第1形態の流路の例であり、流路の断面形状を矩形溝形状にし、かつ、共通電極を線状のものにした例の透視斜視図(a)と部分断面図(b)である。この例においては、基板8に液滴1をガイドする矩形溝21が設けられ、その矩形溝21の底面に分割電極群3とそれを覆う絶縁膜4とが設けられている。図では、この分割電極群3に接続される配線を符号22で示してある。矩形溝21の上あるいは中にその溝21に沿って共通電極を構成する線状電極2'が配置されており、矩形溝21の上は開放されてなるものである。なお、線状電極2'を省いて第3形態の流路とすることもできる。

図9も、第1形態の流路の例であり、流路を平面状にし、かつ、共通電極を線状のものにした例の透視斜視図(a)と部分断面図(b)である。この例においては、基板8には最早液滴1をガイドする溝等を設けずに平面とし、ガイド部分に分割電極群3とそれを覆う絶縁膜4とを設ける。分割電極群3の各電極には接続配線22が接続されている。その分割電極群3の上にそれに沿って共通電極を構成する線状電極2'が配置されており、流路は上に開放されているものである。なお、この場合も線状電極2'を省いて第3形態の流路とすることもできる。

次に、以上のような流路に沿って設ける分割電極群3と共通電極の線状電極2'の具体的な形の例をいくつか説明する。

図10は、図9の流路に設ける分割電極群3と線状電極2'の配置を示す平面図(a)と断面図(b)である。分割電極群3は、流路の方向へ間隔をおいて基板8上配置された

多数の矩形状の分割電極 $3_1 \sim 3_8$ からなり、絶縁膜4がその分割電極群3を覆っている。分割電極群3の上にそれに沿って共通電極を構成する線状電極 $2'$ が配置されている。

図11は、図10の配置において、分割電極群3を流路に沿って左右に2分し、2分された分割電極 $3_1 \sim 3_8$ 。それぞれを基板8内に埋め込んだ接続線23で接続し、一方、線状電極 $2'$ をこの2分された分割電極 $3_1 \sim 3_8$ 。間であって絶縁膜4の下に配置して構成したものであり、第2形態の液体搬送手段を平面型に構成している。ただし、2分された分割電極 $3_1 \sim 3_8$ 。間に配置した線状電極 $2'$ 上を絶縁膜4で覆わないようにしてもよく、この場合は、平面型の第1形態の液体搬送手段となる。この図11の形態は平面型であるので、その平面を円筒に丸めて円筒状の液体搬送手段を構成できる。

図12は、図10の配置において、分割電極群3の分割電極 $3_1 \sim 3_8$ 。それぞれを中心に折って流路を形成するV溝20の底に沿うように配置した例であり、図8の矩形溝21の代わりにV溝20としたものに相当する。この構成の場合、分割電極群3の液滴1に隣接する面積が大きくなるので、搬送にかかる引力がより強くなる。

図13は、分割電極群3の形状の変形例を示す平面図である。図13の(a)、(b)はそれぞれ図10、図11に対応する流路の分割電極群3と共通電極の線状電極 $2'$ の配置を示す平面図であり、何れも液滴1を矢印方向に移動させるのに適した分割電極 $3_1 \sim 3_8$ 。の形状を示す。これらの分割電極群3は、矢印方向、すなわち図の左から右へ、液滴1を移動させるのに適している。図13(a)、(b)の分割電極 $3_1 \sim 3_8$ 。は、何れも平面図で“>”の形状をしている。そのため、球形の液滴1が左から右へ移動するときには、“>”形の分割電極 $3_1 \sim 3_8$ 。の何れかと最初に接するのは、点 $P_1$ と $P_2$ の2点となり、逆に、図の右から左へ移動するときには、“>”形の分割電極 $3_1 \sim 3_8$ 。の何れかと最初に接するのは、その中心先端の1点となり、1点で右から左へ引っ張るするよりは、2点で矢印方向の左から右へ引っ張る力が強くなる。このような構成により、液滴1の矢印方向への搬送をよりスムーズに行うことができる。

次に、図14に、図11の平面型の形態を円筒に丸めて円筒状の液体搬送手段とした例の透視斜視図を示す。この例の場合は、中空の円筒体(パイプ)24の内面に、分割電極群3を構成する分割電極 $3_1 \sim 3_7$ が設けられている。各分割電極 $3_1 \sim 3_7$ は、円筒体24の軸方向に分割されている。そして、内周方向に弧状に延びる形状となっている。弧状の分割電極 $3_1 \sim 3_7$ の端部間には、配線のための領域25が設けられている。この領域25には、共通電極の線状電極 $2'$ と、各分割電極 $3_1 \sim 3_7$ への接続配線22が設け



られている。そして、円筒体24の内面上(領域25)を通る配線22を介して、各分割電極3<sub>1</sub>～3<sub>7</sub>が、スイッチ群6のそれぞれスイッチ6<sub>1</sub>～6<sub>7</sub>に接続されている。そして、図示を省いてあるが、円筒体24の内面全面であって、これら分割電極3<sub>1</sub>～3<sub>7</sub>とそれらを結ぶ配線22と線状電極2'とか絶縁膜4で覆われている。共通電極の線状電極2'は電源5の一方の極に接続されている。同様に、分割電極群3は、接続配線22及びスイッチ群6を介して、電源5の他方の極に接続されている。そして、スイッチ群6のそれぞれのスイッチ6<sub>1</sub>～6<sub>7</sub>は、制御装置10により、個々に開閉動作が制御されるようになっている。

図14の構成においては、制御装置10によりスイッチ6<sub>1</sub>～6<sub>7</sub>の開閉を順に制御することにより、分割電極群3に印加する印加電圧を制御(ON・OFF)することができる。例えば、上の分割電極から下の分割電極へ、順に電圧の印加状態を変化させる。このようにすると、円筒体24の孔内に入れられた液滴1を、下方へ移動させるようにすることができる。

なお、図14の配置においても、図11の場合と同様に、領域25中の線状電極2'のみを絶縁膜4で覆わないようにしてもよい。

次に、図1の場合と同様に、上下の基板7と基板8の間に流路を形成する場合に、基板7、8の面に沿って2次元の任意の方向に液滴1を自由に移動させるための分割電極群3、3'の例を説明する。

図15は、図4の第2形態の変形例を2次元搬送形にした場合の分解斜視図であり、分割電極群3、3'の表面に配置する絶縁膜4、4'を省いて図示してある。基板8側に配置する分割電極群3の各分割電極3<sub>1</sub>～3<sub>8</sub>を基板8の表面のX方向に伸びる長尺で相互に平行な電極とし、基板7側に配置する分割電極群3'の分割電極3'<sub>1</sub>～3'<sub>8</sub>を基板7の表面のY方向に伸びる長尺で相互に平行な電極として構成配置し、液晶表示装置で用いる単純マトリクス駆動の電極構造とする。このような分割電極群3、3'の構成により、分割電極群3中の選択して電圧印加した分割電極と、分割電極群3'中の選択して電圧印加した分割電極との交差点位置に電場が効わり、その選択した交差点の順に沿って基板7と基板8の間の流路中を液滴1が移動する。

図16は、図1の第1形態、図3の第2形態を2次元搬送形にした場合の分解斜視図であり、少なくとも分割電極群3の表面に配置する絶縁膜4を省いて図示してある。この場合は、基板7の内面全面には共通電極2が配置され、基板8側に配置する分割電極群3は

X方向、Y方向に2次元分割されて基盤の目状に配置された分割電極 $3_{11}$ 、 $3_{12}$ 、 $\dots$   
 $\cdot 3_{16}$ 、 $3_{21}$ 、 $\dots \cdot 3_{61}$ 、 $\dots \cdot 3_{66}$ の集合からなる。このような分割電極群3と  
 共通電極2の構成により、分割電極群3中の選択して電圧印加した分割電極の順に沿って  
 基板7と基板8の間の流路中を液滴1が移動する。

図17に、図16の構成において、基板8上に2次元分割されて基盤の目状に配置され  
 た分割電極群3の個々の分割電極 $3_{11} \sim 3_{66}$ へ配線を接続する構成を示す透視斜視図(a)  
 )とその(a)図の直線A-A'に沿った断面図(b)とを示す。基板8上には、分割電  
 極 $3_{11} \sim 3_{66}$ 各々に接続される配線22がパターンニングされ、その上に絶縁膜26を配置  
 し、その絶縁膜26を通して分割電極 $3_{11} \sim 3_{66}$ 個々に別々の対応する配線22が接続さ  
 れており、配線22はまとめて基板8の端部から外へ引き出される。絶縁膜26の上には  
 分割電極 $3_{11} \sim 3_{66}$ が基盤の目状に相互に分離されるようにパターンニングされ、その分割  
 電極群3の表面に絶縁膜4が設けられる。

図18は、図1の第1形態を2次元搬送形であって共通電極の線状電極2'を分割電極  
 群3と同じ基板8の表面上に配置して、流路を平面状で上に開放された構成とした場合の  
 分解斜視図(a)とその(a)図の直線A-A'に沿った断面図(b)である。この液体  
 搬送手段においては、図17の場合と同様、基板8上には、まず、分割電極 $3_{11} \sim 3_{66}$ 各  
 々に接続される配線22が1層としてパターンニングされ、その上に絶縁膜26を配置し、  
 その絶縁膜26を通して分割電極 $3_{11} \sim 3_{66}$ 個々に別々の対応する配線22が接続されて  
 おり、配線22はまとめて基板8の端部から外へ引き出される。絶縁膜26の上には、X  
 方向、Y方向に2次元分割されて基盤の目状に配置された分割電極 $3_{11}$ 、 $3_{12}$ 、 $\dots$   
 $3_{16}$ 、 $3_{21}$ 、 $\dots \cdot 3_{61}$ 、 $\dots \cdot 3_{66}$ の集合からなる分割電極群3がパターンニングさ  
 れて設けられ、その分割電極群3の表面は絶縁膜4で覆われている。そして、絶縁膜4の  
 上のY方向に伸びる分割電極 $3_{11}$ と $3_{21}$ 、 $3_{12}$ と $3_{22}$ 、 $\dots$ 、 $3_{16}$ と $3_{26}$ の間の分割電  
 極間のブランク部上に共通電極の線状電極2'が固定配置されて構成されている。このよ  
 うに、配線22と分割電極群3と共通電極の線状電極2'とが3層構成となっている。こ  
 の例は、液滴1の下面のみで共通電極2'と分割電極 $3_{11}$ 、 $3_{12}$ 、 $\dots \cdot 3_{16}$ 、 $3_{21}$ 、  
 $\dots \cdot 3_{61}$ 、 $\dots \cdot 3_{66}$ との対向配置が行われており、液滴1の上面は何らの部材に  
 も接触していないで開放型になっている例の1つである。

図19は、図18と同様の流路が平面状で上に開放された第1形態の2次元搬送形の例  
 の平面図であるが、この例では、分割電極群3の分割電極 $3_{11} \sim 3_{1m}$ 、 $3_{21} \sim 3_{2m}$ 、 $\dots$

・、 $3_{n1} \sim 3_{nm}$ 個々が矩形でなく三角形で構成され、図示のように、2次元分割されて2次元平面を埋めるように配置されている。その分割電極群3上の全面を、図示しない絶縁膜4で覆っている。さらに、その上に、共通に接続された平行な線状あるいは櫛歯状の共通電極2'が絶縁膜4に露出して設けられている。このような基板上に、液滴1を置いて、分割電極 $3_{11} \sim 3_{1m}$ 、 $3_{21} \sim 3_{2m}$ 、・・・、 $3_{n1} \sim 3_{nm}$ に印加する電圧を順に連続的に変更(ON・OFF)することにより、液滴1を2次元の任意の方向へ移動させることができる。

なお、図18、図19の場合も、図11の場合と同様に、露出して設けられている共通電極2'の上を絶縁膜で覆うようにして第2形態の液体搬送手段として構成することもできる。

さて、以上のような流路が線状あるいは面状の液体搬送手段を用いて液体に各種の処理(制御)を行う実施例について説明する。なお、特にことわらない限り、図1～図19の何れの形態の液体搬送手段も適用可能であることが分かる。

最初に、液体処理(制御)として混合と攪拌の例について説明する。

図20の例は、線状流路を途中で合流させて2液を混合させる場合の模式図であり、この場合は2本の流路31a、31bを途中の並行領域(合流領域)32を経て1本の流路31cに合流させており、それぞれの流路31a、31bの分割電極 $3_{a1} \sim 3_{a7}$ 、分割電極 $3_{b1} \sim 3_{b7}$ へ印加する印加電圧を電極毎に順に制御して、それら流路31a、31bに沿って矢印方向へ搬送される液滴1a、1bを並行領域32で並走させて接触させ、合流した流路31cでは分割電極 $3_{c1} \sim 3_{c4}$ へ印加する印加電圧を電極毎に順に制御して、液滴1aと液滴1bが合わさって混合された液滴1cがその流路31cに沿って矢印方向へ搬送される。

図21は、このような混合のための液体搬送処理デバイスを、図6の流路がV溝で形成された密閉型の液体搬送手段で構成した場合の1例を示す模式的な透視斜視図である。詳細は図示しなくても、その構成作用は以上の説明から明らかであろう。

図22は、図20の変形例を示す模式図であり、この場合は一方の液体を搬送する流路を2本の流路31a<sub>1</sub>、31a<sub>2</sub>にし、その2本の流路31a<sub>1</sub>、31a<sub>2</sub>が他方の液体を搬送する流路31bを両側から挟んで1本の流路31cに合流するようにしている。すなわち、3本の流路31a<sub>1</sub>、31b、31a<sub>2</sub>を途中の並行領域32を経て1本の流路31cに合流させており、両側の流路31a<sub>1</sub>、31a<sub>2</sub>に沿って矢印方向へ同じ液体から

なる液滴 $1a_1$ 、 $1a_2$ を搬送させ、真中の流路 $31b$ に沿って矢印方向へ別の液体からなる液滴 $1b$ を搬送させ、並行領域 $32$ で液滴 $1b$ に両側から液滴 $1a_1$ と液滴 $1a_2$ が接触するようにして接触面積を広げ、合流した流路 $31c$ に沿って矢印方向へ両液体がサンドウィッチ状になって混合がより進む液滴 $1c$ を搬送させている。この例では、両液体の接触面積を広げて2液混合をより促進させるようにしている。

図23は、図22の方式の液体混合を図16、図18等の密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路で行わせるようにした例を示す模式的斜視図であり、平面状の流路 $33$ の1点に1つの液体の液滴 $1b$ を滴下し、その両側に離して別々に同じ液体からなる2つの液滴 $1a_1$ 、 $1a_2$ を滴下し、これら3の液滴 $1a_1$ 、 $1b$ 、 $1a_2$ を平面状の流路 $33$ の別の1点に向かって集まるように移動させて接触させて混合し、混合した液滴 $1c$ を別の方向へ搬送させる。

図24は、図14のような構成の円筒状の流路 $34$ を利用して2つの液滴 $1a$ 、 $1b$ を1つの液滴 $1c$ に混合させる構成と作用を示す模式図である。円筒状の流路 $34$ は両端以外からは空気の入りができないので、流路 $34$ を形成するパイプ24の中間に空気の入りを許す通気孔27を設けておく。そして、図24(a)に示すように、分割電極 $31 \sim 37$ へ印加する印加電圧を電極毎に順に制御して、流路 $34$ の両端側から相互に対向するように向かう矢印方向に液滴 $1a$ と液滴 $1b$ を搬送させ、図24(b)に示すように、通気孔27の位置で液滴 $1a$ と液滴 $1b$ を接触（衝突）させる。このとき、液滴 $1a$ と液滴 $1b$ の間の余分な空気は通気孔27から自動的に排出される。液滴 $1a$ と液滴 $1b$ とはその接触後、図24(c)に示すように、一体の液滴 $1c$ になり、その後、図24(d)に示すように、所定方向に搬送される。

図25は、図22の場合のように、1つの液体の1つの液滴 $1b$ に両側から別の液体の2つの液滴 $1a_1$ と液滴 $1a_2$ を接触させて混合させる場合の流路全体を模式的に示す図であり、基板8上には、1つの液体の液滴 $1b$ を外部から滴下して溜める液溜め（液体供給部） $35b$ と、別の液体の液滴 $1a$ を外部から滴下して溜める液溜め（液体供給部） $35a$ とが配置されており、液溜め $35b$ からは1本の流路 $31b$ が合流領域 $32$ まで延びており、液溜め $35a$ からは2本の略同じ長さの流路 $31a_1$ 、 $31a_2$ が液溜め $35b$ と流路 $31b$ を両側から挟むように合流領域 $32$ まで延びており、合流領域 $32$ からは混合された液滴 $1c$ を搬送排出する1本の流路 $31c$ が流路 $31a_1$ 、 $31a_2$ 、 $31b$ から離れるように出ている。

ここで、両側から接触される液滴1bの液体を溜める液溜め35bとその流路31bとを両側から挟んで囲むように、両側から接触する液滴1a<sub>1</sub>、1a<sub>2</sub>の液体を溜める液溜め35aとそのための流路31a<sub>1</sub>、31a<sub>2</sub>を配置する理由は、平面上で液滴を搬送するとき、立体交差ができないためである。また、液溜め35aから合流領域32に至る2本の流路31a<sub>1</sub>、31a<sub>2</sub>を略同じ長さに構成すると、同じ速度で液溜め35aから液滴1a<sub>1</sub>、1a<sub>2</sub>を送り出すと、合流領域32に同時に達するため、両側からの接触タイミングが合わせやすくなる。

次に、攪拌の例について説明する。攪拌を必要とするのは、上記のように2種類以上の液体を混合した後が多いが、必ずしも液体の混合の後とは限らない。

図26(a)は、流路31dと流路31eの間に攪拌部36を設けた1例の分割電極パターンを示している。流路31d、31eの分割電極群は、それぞれ流路の方向へ間隔をおいて配置された多数の矩形状の分割電極3<sub>d1</sub>～3<sub>d7</sub>、3<sub>e1</sub>～3<sub>e7</sub>からなるが、その間の攪拌部36においては、その中に入った液滴1が図中の矢印方向に回転可能にするために、例えば図示のように、円周方向に4分割してそれぞれの分割領域内で平行で領域間で直交する方向に向いている分割電極3<sub>f1</sub>～3<sub>f6</sub>、3<sub>f7</sub>～3<sub>f12</sub>、3<sub>f13</sub>～3<sub>f18</sub>、3<sub>f19</sub>～3<sub>f24</sub>を配置する。このような分割電極の配置により、分割電極3<sub>f1</sub>～3<sub>f24</sub>へ印加する印加電圧を電極毎に順に制御することにより、図26(a)中の矢印方向へ液滴1を回転させてその液滴1に引き伸ばしや収縮の変形を与えて攪拌することができ、例えば2液混合を促進させることができる。また、図26(b)に矢印を示したように、回転方向を順次切り換えて往復回転を可能にする制御を行うことにより、より混合を促進させることができる。なお、この変形例として、攪拌部36の中心から放射方向に伸びる扇状の多数の分割電極を配置するようにしても、液滴1を攪拌部36内で回転処理することができる。

図27は、流路31dと流路31eの間に攪拌部36を設けた別の分割電極パターンを示している。流路31d、31eの分割電極群は、それぞれ流路の方向へ間隔をおいて配置された多数の矩形状の分割電極3<sub>d1</sub>～3<sub>d6</sub>、3<sub>e1</sub>～3<sub>e6</sub>からなるが、その間の攪拌部36においては、その中に入った液滴1が図中の交差する両矢印方向へ交互に引き伸ばされるように、例えば図示のように、円周方向に4分割してそれぞれの分割領域内で平行で領域間で直交する方向に向いている(図26(a)の場合とは各領域で分割電極の向きが90°異なる。)分割電極3<sub>f1</sub>～3<sub>f4</sub>、3<sub>g1</sub>～3<sub>g4</sub>、3<sub>h1</sub>～3<sub>h6</sub>、3<sub>i1</sub>～3<sub>i6</sub>を配置する。このような分割電極の配置により、最初は分割電極3<sub>f1</sub>～3<sub>f4</sub>と分割電極3<sub>g1</sub>～3<sub>g4</sub>に電

圧を印加して、1個の液滴1を2分割して液滴1 fと1 gになるように引き伸ばし（必ずしも2分割する必要はなく、ラクビーボール状に引き伸ばすだけでもよい。）、次に、電圧を切るなりあるいは分割された液滴1 fと1 gを相互に押し付けるようにして元の1個の液滴1に戻し、次いで、分割電極3<sub>h1</sub>～3<sub>h6</sub>と分割電極3<sub>i1</sub>～3<sub>i6</sub>に電圧を印加して、それと直交する方向に2分割して液滴1 hと1 iになるように伸ばす（この場合も、必ずしも2分割する必要はなく、ラクビーボール状に引き伸ばすだけでもよい。）。このようにして、液滴1の引き伸ばしと収縮あるいは分割混合を繰り返すことにより、攪拌を行う。

図28は、液滴1を1本の流路31中を往復動させて液滴1を流路31中で転がすことにより攪拌を促進させる単純な例である。なお、この図では分割電極を指す符号は省く。

図29は、流路31 dと流路31 eの間にそれらの流路の幅より広い幅広流路31 fを設け、かつ、幅広流路31 fから流路31 dへ移る部分、及び、幅広流路31 fから流路31 eへ移る部分に、幅の狭い流路31 d、31 eから広い流路31 fに移動するときには邪魔をしないが、広い流路31 fから狭い流路31 d、31 eへ移動するときには邪魔をして液滴1中に食い込んで乱流を起こす逆止突起37を設けて、流路31 dと流路31 eの間を両矢符方向へ往復移動を繰り返させ、液滴1中に乱流を起こして攪拌を速める構成を示す模式図である。

図30は、流路31 dと流路31 eの間にそれらの流路の幅より広い幅広流路31 fを設け、かつ、幅広流路31 fから流路31 dへ移る部分、及び、幅広流路31 fから流路31 eへ移る部分には、この例の場合、引っ掛かるような部分でなく滑らかに移行行く傾斜部38を設けて、流路31 dと流路31 eの間を両矢符方向へ往復移動を繰り返させ、液滴1に伸縮を与えることにより攪拌させる構成を示す模式図である。

なお、図29、図30の例では、流路31 d、31 e、31 fは開放型であっても密閉型であってもよいが、液滴を流路を形成する溝中を搬送するのではなく、平面状の流路中を搬送する場合に、上記のような幅関係の流路31 d、31 e、31 fを電極パターンのみで構成するようにしても、電極パターン外が撥水性となっていれば、上記の説明のように作用することになる。

次に、図31は、基板8中に溝を設けて流路31を形成した場合に、その途中の流路にジグザグを入れる突起群39を配置して、その突起間を流れる液滴1に引き伸ばしと収縮

の変形を与えて攪拌を促進する構成の模式的な図である。

図3 2は、基板8中に溝を設けて流路3 1を形成した場合に、その途中の流路に流路を一旦狭める門部4 0を配置して、その門部4 0を通して流れる液滴1に圧縮（収縮）と膨張（引き伸ばし）を与えて攪拌を促進する構成の模式的な図である。

図3 3（a）、（b）はそれぞれ密閉された線状流路3 1、開放された平面状の流路3 3の液滴1進行方向に親水領域4 1と撥水（疎水）領域4 2とを交互に設け、その方向に液滴1を移動させるか往復動させることにより、液滴1に引き伸ばしと収縮の変形を与えて攪拌を促進する場合を示す模式図である。何れの場合も、親水領域4 1と撥水領域4 2の繰り返し数は1以上であればよい。なお、図3 3（a）のような密閉型の線状流路3 1（図6、図7、図1 4～図1 6等）の場合は、液滴1の一方の側にのみでなく、その反対側にも親水領域4 1と撥水領域4 2を交互に互い違いに設けることが望ましい。

図3 4は、図2 7の方式の液体攪拌を図1 6、図1 8等の密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路で行わせるようにした例を示す模式的平面図であり、平面状の流路3 3の異なる2点に滴下した2つの液体の液滴1 a、1 bを平面状の流路3 3の別の1点に向かって集まるように移動させて接触させて液滴1 cに混合し、混合した液滴1 cを別の方向へ搬送させ、その位置の分割電極3<sub>a1</sub>、3<sub>a2</sub>と分割電極3<sub>b1</sub>、3<sub>b2</sub>とに交互に電圧を印加して、液滴1 cを上下左右方向への伸びと縮みを繰り返すことにより攪拌を行うものである。

図3 5は、図2 8の方式の液体攪拌を上記のような密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路で行わせるようにした例を示す模式的平面図であり、平面状の流路3 3の異なる2点に滴下した2つの液体の液滴1 a、1 bを平面状の流路3 3の別の1点に向かって集まるように移動させて接触させて液滴1 cに混合し、混合した液滴1 cを別の方向へ搬送させ、その位置の分割電極3<sub>b1</sub>、3<sub>b2</sub>→分割電極3<sub>a1</sub>、3<sub>a2</sub>→分割電極3<sub>c1</sub>、3<sub>c2</sub>へ、その逆へと順に電圧を印加して、液滴1 cを図の上下方向へ往復動させて液滴1 cを流路3 3上で転がすことにより攪拌を促進させる例である。

図3 6は、図2 7の方式の液体攪拌を上記のような密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路で行わせるようにした例を示す模式的平面図であり、図の分割電極3<sub>a1</sub>、3<sub>a2</sub>と分割電極3<sub>b1</sub>、3<sub>b2</sub>とに交互に電圧を印加して、液滴1を液滴1を上下左右方向へ伸びと縮みあるいは分割と混合を繰り返すことにより攪拌を行う例である。

図3 7（a）は、図2 6の方式の液体攪拌を上記のような密閉型あるいは開放型の2次

元平面状の流路で行わせるようにした例を示す模式的平面図であり、図の分割電極 $3_{a1}$ 、 $3_{a2}$ →分割電極 $3_{b1}$ 、 $3_{b2}$ →分割電極 $3_{c1}$ 、 $3_{c2}$ →分割電極 $3_{d1}$ 、 $3_{d2}$ へと順に電圧を印加して、液滴1を図中の矢印方向に回転させてその液滴1を攪拌する。また、図37(b)に矢印を示したように、回転方向を順次切り換えて往復回転させることにより混合攪拌を促進させることができる。

以上、混合と攪拌の実施例について説明したが、特に粘性の高い液体同士を混合攪拌するとき、その混合を促進するには、カオス混合が可能な例えば図27、図29、図31～図33、図36のような非線形な引き延ばしと折り畳みを行う方式が望ましい。

次に、流路中に液体を搬送しなら液体の量を測ったり（定量）、一定量の液体を分けて取り出す（分取）のための構成例を説明する。この場合は、流路中で搬送される液体を液滴1の代わりに液体50として示す。

図38(a)は、1つの定量又は分取のための例を模式的に示す平面図であり、線状の流路31の途中に定量カップあるいは定量升に相当する定量引き込み路51a～51eが接続されている。各定量引き込み路51a～51eは行き止まりの形状をしており、その突き当たり部にそれらの中への空気の入出りを許す通気孔52が設けられており（密閉型の場合のみ）、定量引き込み路51a～51e中に溜められる液体の量は、例えばそれぞれ1単位、3単位、5単位、7単位、9単位となっているが、その容量の振り分けは任意に設定できる。流路31及び定量引き込み路51a～51eに設けられる分割電極は矩形で図示してあるが、分割電極を指す符号はこの図では省いてある。

このような構成において、図38(b)に示すように、流路31の左端から液体50を矢印方向へ送り（図中、ハッチを付した分割電極には電圧が印加され、液体50の移動に寄与していることを示している。）、図38(c)に示すように、例えば1単位を測る定量引き込み路51aの入口まで搬送する。その状態で、図38(d)に示すように、定量引き込み路51a中の分割電極に電圧を印加して液体50の先端部を定量引き込み路51a内に導入する。その後、図38(e)に示すように、定量引き込み路51a外の分割電極に印加する電圧を制御して液体50の定量引き込み路51a内に導入された分50aを残して、液体50を元の位置まで後退させる。つまり、所定の量の液体50aが分けられたことになる。次いで、図38(f)に示すように、定量引き込み路51a中の分割電極と定量引き込み路51aの入口の分割電極に印加する電圧を制御して、分かれた一定量の液体50aが定量引き込み路51aから引き出され（図38(g)）、その後、後退さ



せられた液体50の位置する端とは反対の流路31の端方向へその分取された液体50aが搬送される。

他の定量引き込み路51b～51eについても同様にして、各定量引き込み路51b～51eの固有の容量の液体が分取され、定量される。

図39は、図38のような分取方法を利用して、一定時間経過毎に液体50から一定量の液体50aを取り出し、その時間経過による変化等を見る例を示す模式図であり、線状の主流路31は図39(a)の矢印のように循環流路を形成しており、その途中に行き止まりの定量引き込み路51aが接続されている。そして、図39(b)に示すように、この循環流路31中と循環している過程で定量引き込み路51a中に所定量の液体50aを残して、本体の液体50は循環させ、本体の液体50が定量引き込み路51aから離れている位置で、図39(c)に示すように、分けられた液体50aを循環流路31から分岐してその流路外に取り出し、変化等を測定するのに用いる。

図40は、1本の線状の流路31のみを利用して、液体50から所定量の液体50aを分取するための例の動作を模式的に示す平面図であり、その流路31の途中に空気の入りを許す通気孔52が設けられている（密閉型の場合のみ）。そして、流路31に設けられる分割電極は矩形で図示してあるが、分割電極を指す符号はこの図では省いてある。ただし、そのような矩形の分割電極において、電圧が印加されて液体50、50aの移動に寄与している分割電極にはハッチを付して示してある。まず、図40(a)に示すように流路31の左端の通気孔52から左に位置する分割電極に電圧を印加して液体50を左端から導入し、図40(b)に示すように、通気孔52から右側の所定位置までの分割電極に電圧を印加する。ここで、通気孔52の位置から右側の電圧が印加される分割電極の数（長さ）で分取される液体50aの量が定まるので、分取しようとする液体50aの量に応じて通気孔52の位置から右側の電圧が印加される分割電極の数（長さ）が決められる。その後、図40(c)に示すように、電圧が印加された分割電極の右端まで液体50が移動（導入）され、その時点で、図40(d)に示すように、通気孔52の位置に対応する1又は複数の分割電極に電圧を印加することを止めると、その電圧を印加することを止めた分割電極の位置で、流路31の左端から導入した液体50と分取しようとする液体50aとが別れ初め、通気孔52から入った空気53がそれを促進する。その後、図40(e)に示すように、流路31の左端から導入した液体50を後退させ、その状態で、図40(f)に示すように、分けられた所定量の液体50aを流路31の右端方向へ移動させ

て取り出すことができる。

図41は、図14のような構成の円筒状の流路34を利用して、図40と同様に、液体50から所定量の液体50aを分取するための例の構成と作用を示す模式図であり、この場合は流路34の途中に、空気の出入りを許す通気孔27が設けられている。この場合も、図40と同様に、分割電極は矩形で図示してあるが、分割電極を指す符号はこの図では省いてあり、電圧が印加されて液体50、50aの移動に寄与している分割電極にはハッチを付して示してある。まず、図41(a)に示すように流路34の通気孔27から上に位置する分割電極に電圧を印加して通気孔27の位置まで液体50を流路34の上端から導入し、次に、図41(b)に示すように、通気孔27から下側の所定位置までの分割電極に電圧を印加して、通気孔27の位置から下側の電圧が印加される分割電極の数(長さ)で分取される液体の量を定めてその位置まで液体50を移動(導入)させ、その時点で、通気孔27の位置に対応する1又は複数の分割電極に電圧を印加することを止め、その分割電極の位置で通気孔27から空気53が入り、液体50が上下に別れ初め、その後、図41(c)に示すように、流路34の上端から導入した液体50と分取しようとする液体50aとが別れ、その後、図41(d)に示すように、流路34の上端から導入した上側の液体50を後退させ、また、分けられた所定量の下側液体50aを流路34の下端方向へ移動させて取り出すことができる。

図42は、所定量の液体50aの分取を、図16、図18等の密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路33で行わせるようにした例を示す模式的平面図である。この場合も、分割電極は矩形で図示してあるが、分割電極を指す符号はこの図では省いてあり、電圧が印加されて液体50、50aの移動に寄与している分割電極にはハッチを付して示してある。まず、図42(a)に示すように、平面状の流路33の一辺から液体50を導入するが、この場合に、電圧を印加した分割電極の集合の先端に所定数、この場合は1個の分割電極だけ出っ張るように選び、その位置に導入された液体50の突起部50'を生成させる。そして、出っ張り部に対応する位置から電圧を印加する分割電極を順に矢印方向へ移動させてその突起部50'の液体を本体の液体50から分けて、出っ張り部の分割電極の数に対応する量の液体50aを分取する。

図42(b)は、電圧を印加した分割電極の集合の先端に、図42(a)の場合の2倍、具体的には2個の分割電極だけ出っ張るように選んで、その出っ張り部の分割電極の数に対応する量の液体50aを分取する図42(a)と同様の図であるが、液体の表面張力

等により、図4 2 (b) の分割電極の電圧印加制御により分取される液体5 0 aの量は、図4 2 (a) の場合の2倍より多くなる可能性が高い。そこで、図4 2 (a) の場合の確実に2倍の量の液体を分取するには、図4 2 (c) に示すように、平面状の流路3 3の一边から液体5 0を導入し、その場合に、電圧を印加した分割電極の集合の先端に離れて2個の分割電極だけ出っ張るように選び、それらの位置に導入された液体5 0の2つの突起部5 0<sub>1</sub>'、5 0<sub>2</sub>'を生成させる。そして、出っ張り部に対応する位置から電圧を印加する分割電極を順に矢印方向へ移動させてそれらの突起部5 0<sub>1</sub>'、5 0<sub>2</sub>'の液体を本体の液体5 0から分けて、出っ張り部の分割電極の数である2つの液体5 0 a<sub>1</sub>、5 0 a<sub>1</sub>を分割し、その後、図に矢印で示すように、2つの液体5 0 a<sub>1</sub>、5 0 a<sub>1</sub>を1点に向かって集まるように移動させて混合させて確実に2倍の量の液体5 0 aを取り出すことができる。

図4 3は、図1 6、図1 8等の密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路3 3で、図3 9と同様に、一定時間経過毎に液体5 0から一定量の液体5 0 aを取り出し、その時間経過による変化等を見る例を示す模式図であり、この場合は、図4 3 (a) に示すように、平面状の流路3 3の一边から矢印のように液体5 0を導入して、図4 3 (b) に矢印で示すような循環流路を形成するようにしておく。そして、液体5 0が流路3 3を通過した後所定量の液体5 0 aが残るように、流路3 3中の所定数の分割電極に電圧を印加し続ける。液体5 0が流路3 3を通過した後、図4 3 (c) に示すように、電圧を印加し続けた分割電極の上に残って分けられた液体5 0 aを循環流路から分岐して矢印で示すようにその循環流路外に取り出し、一定時間経過毎の液体の変化等を測定するのに用いる。

次に、以上のような何れの液体搬送処理デバイスにおいても、特定の液体を処理（制御）した後、その流路に対して洗浄等の汚染を抑制する処理を行わないと、次の液体を搬送処理（制御）するとき流路に残った前の液体が混ざり汚染を引き起こしてしまう。すなわち、複数の液滴が流路を通過することによってその流路を介してこれら液滴間で汚染が発生する恐れがある。このような汚染を防止又は抑制する1例として、以下の流路の洗浄の構成例を説明する。

線状、面状何れの液体搬送手段においても、簡単には水等の洗浄液を流路に沿って一方向あるいは往復方向に搬送させれば流路の洗浄が可能となる。図4 4に密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路3 3を洗浄する例を模式的に示す。流路3 3中に流路全体に広がる量の洗浄液5 5を導入し、その洗浄液5 5を、図4 4 (a) に矢印で示したように、

一方向に移動させることによって、あるいは、図4 4 (b) に両矢符で示したように、往復方向に移動させることによって流路3 3全体を洗浄することができる。

図4 5は、流路を介した液滴間の汚染を抑制する他の方法として、洗浄液を用いるのではなく、流路の汚染される部分を交換する例を模式的に示す図であり、この場合は、開放型の2次元平面状の流路3 3を綺麗に保つ構成例である。この場合は、撥水性の絶縁材料からなる薄いフィルム5 6を用い、このフィルム5 6を開放型の2次元平面状の流路3 3上に密着した状態で、そのフィルム5 6上を液滴1あるいは液体5 0を搬送処理（制御）するものであり、そのような液滴1あるいは液体5 0の搬送処理後に、別の種類の液体の液滴1あるいは液体5 0を搬送処理する場合に、フィルム5 6を流路3 3から剥がして供給ローラ5 7から巻き取りローラ5 8へ流路3 3の長さ以上の長さだけ送り出し、汚染されたフィルム5 6を除去して新しいフィルム5 6と交換して同様に使用する例である。

図4 6は、複数の液滴を順次搬送する場合に、液滴間に洗浄液の液滴を介在させることにより流路を順次洗浄して流路を介して液滴間で汚染が起らないようにした例であり、この構成は線状、面状何れの液体搬送手段にも適用できるが、密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路3 3に適用した例を模式的に示す。流路3 3上には搬送処理される複数の液滴1が相互に間隔をおいて順次矢印方向へ搬送されるが、その隣接する液滴1間に洗浄液の1つ以上の液滴5 5を介在させて液滴1と同時に同じ矢印方向へ送ることにより、前の液滴1で汚染された流路3 3を洗浄して次の液滴1を搬送する例である。

次に、以上のような何れの液体搬送処理デバイスにおいても、液滴1の位置や移動をモニターする必要がある。密閉型であっても開放型であっても、また、流路が線状であっても面状であっても、液滴1の位置が外から観察可能な場合は、適当な照明を行い、流路をカメラの撮像素子上に結像することで、液滴1の位置やその移動をモニターすることができる。図4 7に、1例として、密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路3 3に照明光源6 1からの照明光を当て、カメラ6 0でその流路3 3の全面を撮像することにより、液滴1が符号1の位置から符号1'の位置へ移動したことをモニターする構成を模式的に示す。図4 7 (a) の場合は、照明光源6 1を平面状の流路3 3の略真上に配置し、その照明光源6 1に並列して結像面に撮像素子を備えたカメラ6 0を配置し、照明光源6 1からの照明光で流路3 3を略真上から照明し（落射照明）、カメラ6 0で流路3 3を撮像すると、液滴1が散乱光で強く輝くので、その位置及び移動をモニターすることができる。また、図4 7 (b) の場合は、照明光源6 1を平面状の流路3 3の斜め上方向に配置し（図

の場合は、2つの照明光源61を相互に反対側の斜め上方に配置している。）、流路33の略真上に撮像素子を備えたカメラ60を配置し、照明光源61からの照明光で流路を斜め上方から照明し（暗視野照明）、カメラ60で流路33を撮像すると、液滴1が散乱光で強く輝くので、その位置及び移動をモニターすることができる。

図47の場合はいわば反射照明による液滴1の位置等のモニターであったが、流路が密閉型、開放型何れであっても、また、その形状が線状、面状何れであっても、流路が透明な場合には透過照明によっても液滴1の位置等をモニターすることができる。図48は、その例として図1の液体搬送手段で搬送される液滴1の位置をモニターする構成例を示す図であり、ここでは、1次元方向の任意の位置へ搬送可能な液体搬送手段として、液滴1の位置をモニターする機構を示す。図48(a)の断面図において、図1の液体搬送手段の基板8の外側には、凸レンズ形状をした液滴1の集光面近傍であって基板8と平行に、アレイ状に配置されたCCD等の受光素子群63が基板62上に設けられている。

このような構成において、図1の液体搬送手段の共通電極膜2を設けた基板7側から全面に例えば平行光64を照射すると、液滴1が存在する位置では、その位置に入射する平行光64の成分は、対応する位置の受光素子に集光される。例えば、液滴1が図48(a)の破線位置1にあるときは、受光素子群63からは図48(b)に破線で示すような受光強度と位置関係の信号が得られる。一方、液滴1が図48(a)の実線位置（符号1'）にあるときは、受光素子群63からは図48(b)に実線で示すような受光強度と位置関係の信号が得られる。このように、その信号のピーク位置で、液滴1の位置がモニターできる。したがって、そのモニター信号を制御装置10（図1）へフィードバックすることにより、液滴1のより正確な位置制御が可能になる。あるいは、このような信号のピーク位置を表示装置上に表示することにより、微小な液滴1の位置を明確に表示することができる。なお、受光素子群63を2次元のアレイ状に配置したものとして構成することにより、液滴1の2次元位置をモニターすることができる。

図49は、図48の配置で、液滴1に対応する受光強度信号のピーク位置があまり小さくなく受光強度のコントラストが低い場合に、そのコントラストを高めて高精度で液滴1の位置を検出できるように空間周波数フィルタリングの手法を導入した場合の断面図である。この場合は、図1の液体搬送手段と基板62上の受光素子群63との間に相互に共焦点の2枚の正レンズ67、68を配置し、図1の液体搬送手段を正レンズ67の前側焦点面に、受光素子群63を正レンズ68の後側焦点面に配置し、正レンズ67と正レンズ6

8の共焦点位置に遮光体69を配置して構成される。なお、この場合の図1の液体搬送手段を照明する平行光64は、コリメートレンズ66の前側焦点位置に配置された点光源65からの照明光をコリメートレンズ66で平行にすることにより得ている。

このような配置であるので、点光源65からの照明光がコリメートレンズ6で平行光64にされ、その平行光64で図1の液体搬送手段の共通電極膜2を設けた基板7側から全面を照射すると、液滴1の存在しない位置では平行光のままその液体搬送手段を透過して正レンズ67でその後側焦点位置に集光され、遮光体69で遮断される。一方、液滴1の輪郭では入射する平行光64が屈折により方向が曲げられて液体搬送手段を透過して正レンズ67でその後側焦点位置以外の位置に向かうように進み、遮光体69に当たらずに別の正レンズ68に入射し、その正レンズ68の後側焦点面に液滴1の輪郭の像70を結像する。その液滴1の輪郭の像70を受光素子群63で検出することにより、高精度で液滴1の位置を検出することができる。

次に、2次元平面状の流路33上に複数の液滴を並べて配置し、その中の特定の液滴を選択的に取り出したり、並べ替えることが必要になる場合がある。このような液滴の並べ替え、取り出しをソートと呼ぶ。線状の流路を網の目状に接続しておいてソートを可能にすることができるが、より自由度を高くソートを可能にするには2次元平面状の流路33を用いる。図50はその1例を示す斜視図(a)を平面図(b)であり、密閉型あるいは開放型の2次元平面状の流路33を用い、この平面状の流路33には、X方向、Y方向に2次元分割されて基盤の目状に配置された分割電極 $3_{1,1}$ 、 $3_{1,2}$ 、 $\dots$ 、 $3_{1,10}$ 、 $\dots$ 、 $3_{2,1}$ 、 $3_{2,2}$ 、 $\dots$ 、 $3_{2,10}$ 、 $\dots$ 、 $3_{3,1}$ 、 $3_{3,2}$ 、 $\dots$ 、 $3_{3,10}$ 、 $\dots$ 、 $3_{7,1}$ 、 $3_{7,2}$ 、 $\dots$ 、 $3_{7,10}$ 、 $\dots$ の集合が配置されている。ここで、 $3_{m,n}$ をm行n列の分割電極とする。

そして、この例の場合、液滴 $1_{11}$ 、 $1_{12}$ 、 $1_{13}$ 、 $1_{14}$ 、 $1_{15}$ は2行目の分割電極の4つの分割電極毎にそれぞれ滴下されており、液滴 $1_{21}$ 、 $1_{22}$ 、 $1_{23}$ 、 $1_{24}$ 、 $1_{25}$ は6行目の分割電極の4つの分割電極毎に、液滴 $1_{11}$ 、 $1_{12}$ 、 $1_{13}$ 、 $1_{14}$ 、 $1_{15}$ と列方向に整列してそれぞれ滴下されており、同様に、液滴 $1_{31}$ 、 $1_{32}$ 、 $1_{33}$ 、 $1_{34}$ 、 $1_{35}$ は10行目の分割電極の4つの分割電極毎にそれぞれ滴下されている。すなわち、行間でも列間でも間に3つの分割電極を介してX方向、Y方向に整列して液滴 $1_{11}$ 、 $1_{12}$ 、 $1_{13}$ 、 $1_{14}$ 、 $1_{15}$ 、液滴 $1_{21}$ 、 $1_{22}$ 、 $1_{23}$ 、 $1_{24}$ 、 $1_{25}$ 、液滴 $1_{31}$ 、 $1_{32}$ 、 $1_{33}$ 、 $1_{34}$ 、 $1_{35}$ が並列配置されている。

このような状態で、例えば2行2列の分割電極3<sub>2,2</sub>位置の液滴1<sub>1,1</sub>を液滴1<sub>1,1</sub>、1<sub>1,2</sub>、1<sub>1,3</sub>、1<sub>1,4</sub>、1<sub>1,5</sub>と液滴1<sub>2,1</sub>、1<sub>2,2</sub>、1<sub>2,3</sub>、1<sub>2,4</sub>、1<sub>2,5</sub>の間の経路を矢印方向へ辿って移動させることによりソートする場合、図50(b)の矢印が接する分割電極3<sub>3,2</sub> → 3<sub>4,2</sub> → 3<sub>4,3</sub> → 3<sub>4,4</sub> → 3<sub>4,5</sub> → 3<sub>4,6</sub> → 3<sub>4,7</sub> → 3<sub>4,8</sub> → 3<sub>4,9</sub> → 3<sub>4,10</sub>と順に電圧を印加して液滴1<sub>1,1</sub>を移動させる。

仮に、整列配置された液滴間の行間又は列間において、3つ以上の分割電極を介さない場合は、行間又は列間の分割電極に電圧を印加して特定の液滴を移動させようとする、その液滴だけでなく、本来移動させたくない液滴も移動してしまうので、所望のソートが行えない。

このように、2次元平面状の流路33上に複数の液滴を2次元方向に並べて配置し、その並列配置した液滴間の流路を通して特定の液滴を選択的に取り出したり並べ替えるには、2次元平面状の流路33を構成する2次元分割された分割電極あるいは単純マトリクス駆動の電極構造の場合は2次元配置の電極交差部(図15)(各分割電極又は各電極交差部をセグメントと言う。)が並列配置された液滴間で少なくとも3つのセグメントが介在するように、複数の液滴を並列配置しなければならない。

さて、以上のような液体の各種処理(制御)を行う部分をユニット化して、目的毎に異なるユニットを複数連結してシステム化するようにすることも可能である。その例を以下に示す。図51は、処理ユニットの例を示す模式的な図である。図51(a)は、図20等で例示した2液を混合させる処理ユニット71であり、流路を反対に用いることにより、液体を2つに分岐することにも用いられる。この場合は、2つの液溜め35aと35bが処理ユニット71上に設けられ、それらの液溜め35a、35bからそれぞれ流路31a、31bが合流領域32まで延びており、合流領域32からは混合された液体を搬送する1本の流路31cが液溜め35a、35bと反対側の処理ユニット71の端部まで伸びている。

図51(b)は、流路31dと流路31eの間、及び、流路31eと流路31gの間に図26等で例示した攪拌部36が設けられ、途中の流路31eは並行流路として加熱部あるいは冷却部あるいはその双方74、75が設けられた処理ユニット72であり、流路31dと流路31gは相互に反対側の端部まで伸びている。

図51(c)は、一端から他端へ伸びる流路31hの途中の分岐部76で流路31に分岐させ、その流路31の端に液溜めあるいは液取り出し口77を設けて液体の一部を取り

出す処理ユニット73であり、流路を反対方向に用いることにより、液体を途中で加える処理ユニットとしても用いることができる。

図52は、液体の処理（制御）目的に合わせて、以上のような処理ユニット71～73等を任意に組み合わせて種々の処理を行わせることができることを示す模式的斜視図であり、図52（a）はこのような処理ユニット71～73等を単線的に組み合わせた場合、図52（b）は立体的かつ並列的に組み合わせて並列処理を行う場合をそれぞれ示す。図52（a）においては、処理ユニット71と、処理ユニット72を2つ72aと72bと、処理ユニット73を2つ73aと73bと用いて、処理ユニット71→処理ユニット72a→処理ユニット73a→処理ユニット72b→処理ユニット73bと繋いでなるものである。

図52（b）においては、処理ユニット71を2つ71aと71bと、処理ユニット72を3つ72aと72bと72cと、処理ユニット73を4つ73aと73bと73cと73dと、他の処理ユニット79a、79b、80と用いて、上側の単線処理は図52（a）と同様に組み合わせ、一方、図52（a）の処理ユニット73aの液溜めあるいは液取り出し口77から取り出された液体は、流路78を経て下側の単線処理列に送られる。この下側の単線処理列は、処理ユニット71b→処理ユニット79a→処理ユニット79b→処理ユニット73c→処理ユニット72c→処理ユニット73d→処理ユニット80と繋いでなるものである。なお、ここで、処理ユニット79a、79bは流路を曲げる曲線流路のみを持つ単純な処理ユニットであり、また、処理ユニット80は液溜めを有する処理ユニットである。

なお、図52はあくまで図51（a）～（c）の処理ユニット71～73等を任意に選んで単線的あるいは並列的に連結することにより、種々の液体の処理（制御）の用途に供することができることを示すための図であり、詳細な説明は省く。

図53は、処理ユニット81として円形の循環流路81iを設け、その流路81iに液溜め35aと35bを分岐して繋ぎ、循環流路81iの途中に例えばヒータを備えた加熱器82と光学的な測定器83を設け、この循環流路81i中で循環させる液1又は液体50の加熱等の処理後の経時変化を測定できるようにしたものである。なお、加熱器82の代わりに、混合、分離等の各種の処理部を設け、また、光学的な測定器83の代わりに、液体50の各種特性を検出する測定器を設けるようにしてもよい。

なお、以上の処理ユニット71～73、79a、79b、80、81等においては、そ



れぞれの液体処理は単一であったが、同じ処理ユニット上に同じ処理をする流路を複数並列配置して、処理ユニット単体での単位面積当たりの処理量を上げるようにすることもできる。

さて、以上のような処理ユニットに限らず、流路途中での液体の処理（制御）としては、上記のような混合、攪拌、分岐、定量、分取、洗浄、ソート、検出、加熱、冷却、循環に限定されず、種々の処理が可能である。

さらに、図1～図4のような液体搬送手段を用いるとき、共通電極2と分割電極群3の間、あるいは、分割電極群3と分割電極群3'の間に駆動電圧を印加する電源5として交流を用いると、液滴1あるいは液体50が加熱される傾向になる。そこで、特に、流路中の加熱領域や混合・攪拌領域の駆動電源5として交流電源を積極的に用い、流路中の他の領域には直流電源を用いるようにしてもよい。

また、液体搬送処理デバイスの流路の幅（線状の流路の場合はその幅、面状の流路の場合は分割電極の幅）は、特に液滴1あるいは液体50が血液等の細胞を含むものの場合、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上、好ましくは $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上であることが望ましい。その幅以下であると、細胞を含む液滴1あるいは液体50を詰まりなくスムーズに移動させることが容易でなくなる。

また、本発明の液体搬送処理デバイスは、温度センサーを基板に設け、搬送処理される液滴1あるいは液体50の温度をモニターもできるようにすることが望ましい。そして、その液体搬送処理デバイスを設置している雰囲気（霧状気）の温度のモニターできるように周囲の雰囲気にも温度センサーを設けるようにすることが望ましい。これは、特にバイオテクノロジーにおけるDNA等を含む液体を加熱処理しその後には雰囲気（霧状気）の温度に戻す必要がある場合等に望ましい形態である。

さらに、本発明の液体搬送処理デバイスを設置して用いる雰囲気（霧状気）に湿度センサーと加湿器と除湿器を設けることが望ましい場合がある。特に、開放型の液体搬送処理デバイスを用いる場合に、雰囲気（霧状気）の湿度が低すぎると、液滴1あるいは液体50の水分等が蒸発したり、雰囲気（霧状気）の湿度が高すぎると、結露して、液滴1あるいは液体50の性質が変化してしまう恐れがあるため、周囲の雰囲気（霧状気）に湿度センサーと加湿器と除湿器を設けてこのようなことが発生しないようにすることが望ましい。

さらに、本発明の何れの液体搬送処理デバイスにおいても、流路31、33を設ける基板8として可撓性のあるフレキシブル基板を用いて液体搬送処理デバイスをフレキシブル

なものと形成するようにすることもできる。

また、本発明の液体搬送処理デバイスにおいて対象とする液体としては、限定的ではないが、例えば、バイオ技術におけるDNA等を含む溶液、生化学における液体、血液等がある。

以上の本発明の液体搬送処理デバイス及び液体搬送処理方法は、例えば次のように構成することができる。

〔1〕 液体の搬送を電氣的に制御する流路を洗浄する液体搬送処理方法において、洗浄液を流路に沿って一方向あるいは往復方向に搬送させて流路を洗浄することを特徴とする液体搬送処理方法。

〔2〕 液体の搬送を電氣的に制御する流路を洗浄する液体搬送処理方法において、複数の液滴を離間して所定方向へ順次搬送する際に、前記液滴間に洗浄液の液滴を1つ以上介在させることにより流路を順次洗浄することを特徴とする液体搬送処理方法。

〔3〕 前記流路が、液体に対して絶縁層を介して複数の並列配置された第1電極と、前記液体と接触する第2電極と、前記第2電極に対して前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、前記制御手段は、前記液体を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記1又は2記載の液体搬送処理方法。

〔4〕 前記流路が、液体に対して絶縁層を介して複数の並列配置された第1電極と、前記液体に対して絶縁層を介して配置された第2電極と、前記第2電極に対して前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、前記制御手段は、前記液体を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記1又は2記載の液体搬送処理方法。

〔5〕 前記流路を構成する前記第2電極が、前記第1電極が配置される基板上であって、前記第1電極の複数の並列配置された電極間、又は、前記第1電極の少なくとも1つの電極に設けた隙間に配置されていることを特徴とする上記3又は4記載の液体搬送処理方法。

〔6〕 前記流路を構成する前記第1電極が2次元に並列配置されていることを特徴とする上記3から5の何れか1項記載の液体搬送処理方法。

〔7〕 前記流路を構成する前記第2電極が複数の並列配置された電極からなることを特徴とする上記4記載の液体搬送処理方法。

〔8〕 前記第1電極と前記第2電極の並列配置方向が相互に交差した方向であることを特徴とする上記7記載の液体搬送処理方法。

〔9〕 前記流路が、液体に対して絶縁層を介して複数の並列配置された電極を備え、前記複数の並列配置された電極は、液体搬送方向に交互に周期的に配置された3つ以上の電極群からなり、前記3つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎に個別に制御する制御手段を有し、前記制御手段は、前記液体を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記3つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記1又は2記載の液体搬送処理方法。

〔10〕 液体に接触する絶縁層の上に撥水層は設けられていることを特徴とする上記3から9の何れか1項記載の液体搬送処理方法。

〔11〕 液体の搬送を電氣的に制御する流路の表面に撥水性の絶縁材料からなるフィルムが交換可能に密着されていることを特徴とする液体搬送処理デバイス。

〔12〕 前記流路が開放型の流路からなることを特徴とする上記11記載の液体搬送処理デバイス。

〔13〕 前記流路が、液体に対して絶縁層を介して複数の並列配置された第1電極と、前記液体と接触するか、絶縁層を介して配置された第2電極と、前記第2電極に対して前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、前記制御手段は、前記液体を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されていることを特徴とする上記11又は12記載の液体搬送処理デバイス。

〔14〕 前記流路を構成する前記第2電極が、前記第1電極が配置される基板上であって、前記第1電極の複数の並列配置された電極間、又は、前記第1電極の少なくとも1つの電極に設けた隙間に配置されていることを特徴とする上記13記載の液体搬送処理デバイス。

〔15〕 前記流路が、液体に対して絶縁層を介して複数の並列配置された電極を備え、前記複数の並列配置された電極は、液体搬送方向に交互に周期的に配置された3つ以上の電極群からなり、前記3つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎

に個別に制御する制御手段を有し、前記制御手段は、前記液体を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記3つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記1又は2記載の液体搬送処理デバイス。

〔16〕 液体に接触する絶縁層の上に撥水層は設けられていることを特徴とする上記13から15の何れか1項記載の液体搬送処理デバイス。

また、以上の本発明の液体搬送処理デバイスは、例えば次のように構成することもできる。

〔1〕 液滴に対して絶縁層を介して複数の並列配置された第1電極と、前記液滴と接触するか、絶縁層を介して配置された第2電極と、前記第2電極に対して前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、前記第2電極は、前記第1電極が配置される基板上であって、前記第1電極の複数の並列配置された電極間、又は、前記第1電極の少なくとも1つの電極に設けた隙間に配置され、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されていることを特徴とする液体搬送処理デバイス。

〔2〕 前記第1電極の上の絶縁層と前記第2電極の上の絶縁層との少なくとも一方の絶縁層上に撥水層が設けられていることを特徴とする上記1記載の液体搬送処理デバイス。

〔3〕 前記第1電極を構成する複数の電極は、線状流路を構成するように直線あるいは曲線に沿って並列配置されていることを特徴とする上記1又は2記載の液体搬送処理デバイス。

〔4〕 前記基板は中空の円筒体として構成され、前記円筒体の内面に前記第1電極を構成する複数の電極と前記第2電極とは配置されていることを特徴とする上記1又は2記載の液体搬送処理デバイス。

〔5〕 前記第1電極を構成する複数の電極は、面状流路を構成するように2次元的に並列配置されていることを特徴とする上記1又は2記載の液体搬送処理デバイス。

〔6〕 前記印加電圧は直流電圧であることを特徴とする上記1から5の何れか1項記載の液体搬送処理デバイス。

〔7〕 前記印加電圧は交流電圧であることを特徴とする上記1から5の何れか1項

記載の液体搬送処理デバイス。

〔８〕 前記円筒電圧は流路の位置に応じて直流電圧と交流電圧が混在していることを特徴とする上記１から５の何れか１項記載の液体搬送処理デバイス。

〔９〕 前記第１電極を構成する電極の形状は流路の位置に応じて異なることを特徴とする上記１から８の何れか１項記載の液体搬送処理デバイス。

〔１０〕 前記第１電極を構成する複数の電極各々に接続される配線が絶縁膜を介して前記第１電極の前記基板側に層状に配置され、前記配線は前記絶縁膜を介して前記第１電極を構成する複数の電極の対応する電極各々に別々に接続されていることを特徴とする上記１から９の何れか１項記載の液体搬送処理デバイス。

〔１１〕 並列する２本以上の線状流路が途中で１本の線状流路に合流するように配置され、その合流領域で前記並列する２本以上の線状流路に沿って搬送された液滴同士を混合させることを特徴とする上記３、６～１０の何れか１項記載の液体搬送処理デバイス。

〔１２〕 並列する３本の線状流路が途中で１本の線状流路に合流するように配置され、その合流領域で並列する３本の線状流路の中央の線状流路に沿って搬送された液滴に対して両側から、前記並列する３本の線状流路の両側の２本の線状流路に沿って搬送された液滴を接触させて混合させるようにしたことを特徴とする上記１１記載の液体搬送処理デバイス。

〔１３〕 前記並列する３本の線状流路の両側の２本の線状流路は前記基板上に設けた同じ第１の液体供給部から前記合流領域に伸びており、前記並列する３本の線状流路の中央の線状流路は、前記第１の液体供給部から前記合流領域に至る前記両側の２本の線状流路間の前記基板上に設けた第２の液体供給部から前記合流領域に伸びていることを特徴とする上記１２記載の液体搬送処理デバイス。

〔１４〕 前記両側の２本の線状流路の前記第１の液体供給部から前記合流領域に至る流路の長さは略等しいことを特徴とする上記１３記載の液体搬送処理デバイス。

〔１５〕 前記円筒体の内面に沿う流路の途中に通気孔が設けられ、その通気孔近傍において、前記円筒体の内面に沿う流路の相互に対向する方向に搬送された液滴同士を混合させることを特徴とする上記４、６～１０の何れか１項記載の液体搬送処理デバイス。

〔１６〕 線状流路の途中に攪拌部が設けられていることを特徴とする上記３、６～１０の何れか１項記載の液体搬送処理デバイス。

〔17〕 前記攪拌部における前記第1電極を構成する電極の形状は、前記攪拌部前後の線状流路の前記第1電極を構成する電極の形状と異なる形状を有していることを特徴とする上記16記載の液体搬送処理デバイス。

〔18〕 前記攪拌部における前記第1電極を構成する電極の形状は、液滴を円周に沿って回転するように搬送させる形状に配置されていることを特徴とする上記17記載の液体搬送処理デバイス。

〔19〕 前記攪拌部における前記第1電極を構成する電極の形状は、前記攪拌部前後の搬送方向と交差する方向にも液滴を搬送可能な形状に配置されていることを特徴とする上記17記載の液体搬送処理デバイス。

〔20〕 前記攪拌部における流路の幅が前記攪拌部前後の流路の幅よりも広く構成されていることを特徴とする上記16記載の液体搬送処理デバイス。

〔21〕 前記攪拌部から前記攪拌部前後の流路へ移る部分に広い流路から狭い流路へ液滴が移動するときには邪魔をして液滴中に食い込んで乱流を起こす逆止突起部が設けられていることを特徴とする上記20記載の液体搬送処理デバイス。

〔22〕 線状流路が前記基板中に溝を設けて形成され、前記攪拌部が流路中に配置された流路にジグザグを入れる突起群によって構成され、前記突起群中を通して搬送される液滴に引き伸ばしと収縮を与えるように構成されていることを特徴とする上記16記載の液体搬送処理デバイス。

〔23〕 線状流路が前記基板中に溝を設けて形成され、前記攪拌部が流路中に配置された門部によって構成され、前記門部を通して搬送される液滴に引き伸ばしと収縮を与えるように構成されていることを特徴とする上記16記載の液体搬送処理デバイス。

〔24〕 前記攪拌部を形成する線状流路の進行方向に、親水領域と撥水領域とが交互に設けられていることを特徴とする上記16記載の液体搬送処理デバイス。

〔25〕 線状流路の途中に定量部又は分取部が設けられていることを特徴とする上記3、6～10の何れか1項記載の液体搬送処理デバイス。

〔26〕 前記定量部又は分取部が、線状流路の途中に溜められる液体の量が予め定まっている1つ以上の定量引き込み流路からなることを特徴とする上記25記載の液体搬送処理デバイス。

〔27〕 線状流路が循環流路を形成していることを特徴とする上記25又は26記載の液体搬送処理デバイス。

〔28〕 前記円筒体の内面に沿う流路の途中に通気孔が設けられ、その通気孔近傍において液体を一方向へ連続搬送させその後前記通気孔近傍で分割搬送させることにより所定量の液体を分取することを特徴とする上記4、6～10の何れか1項記載の液体搬送処理デバイス。

〔29〕 流路の表面に撥水性の絶縁材料からなるフィルムが交換可能に密着されていることを特徴とする上記1～22、25～28の何れか1項記載の液体搬送処理デバイス。

〔30〕 流路全体を照明する照明手段と、流路全体を撮像する撮像手段とを備えており、前記撮像手段により撮像された画像信号に基づいて液滴の位置又は移動をモニターすることを特徴とする上記1～29の何れか1項記載の液体搬送処理デバイス。

〔31〕 前記照明手段による照明が落射照明であることを特徴とする上記30記載の液体搬送処理デバイス。

〔32〕 前記照明手段による照明が暗視野照明であることを特徴とする上記30記載の液体搬送処理デバイス。

〔33〕 流路全体を透過照明する照明手段と、流路の透過側に並列配置された受光素子アレイとを備えており、前記受光素子アレイで受光された受光強度信号から液滴の位置又は移動をモニターすることを特徴とする上記1～29の何れか1項記載の液体搬送処理デバイス。

〔34〕 流路と受光素子アレイの間に空間周波数フィルタリング手段が配置されていることを特徴とする上記33記載の液体搬送処理デバイス。

〔35〕 流路位置又はその近傍に、加熱手段、冷却手段、温度検出手段の少なくとも1つを備えていることを特徴とする上記1～34の何れか1項記載の液体搬送処理デバイス。

〔36〕 液体搬送処理デバイスが処理の種類あるいは流路形状毎にユニット化されており、複数の種類が異なるか同じユニットが単線的あるいは並列的に連結されてなることを特徴とする上記1～35の何れか1項記載の液体搬送処理デバイス。

〔37〕 1つのユニットに同じ処理をする流路が複数並列配置されていることを特徴とする上記36記載の液体搬送処理デバイス。

〔38〕 循環流路を備え、その循環流路中に液体処理部とその処理後の液体の特性を検出する液体特性検出部とを備えている上記3、6～10の何れか1項記載の液体搬送

処理デバイス。

また、以上の本発明の液体搬送処理デバイス及び液体搬送処理方法は、例えば次のように構成することもできる。

〔1〕 液滴の搬送を電氣的に制御する流路上で2つ以上の液滴を混合する液体搬送処理方法において、前記2つ以上の液滴を流路上の合流点に向かって別々に搬送させ、前記合流点において前記2つ以上の液滴が合流して1つの液滴に混合後に、前記合流点から離れる方向に合流後に1つとなった液滴を搬送させることを特徴とする液体搬送処理方法。

〔2〕 前記流路上において3つの液滴を前記合流点で1つの液滴に混合させる際に、両側から中央の液滴に接する液滴を同じ液体とすることを特徴とする上記1記載の液体搬送処理方法。

〔3〕 前記流路が線状の流路からなり、前記合流点に向かう2本以上の線状流路と前記合流点から出る1本の線状流路とを介して、前記2つ以上の液滴を前記1つの液滴に混合させることを特徴とする上記1又は2記載の液体搬送処理方法。

〔4〕 前記流路が平面状でその面上で液滴を任意の方向に搬送可能な流路からなり、前記合流点は前記流路上の任意の点に設定されることを特徴とする上記1又は2記載の液体搬送処理方法。

〔5〕 前記流路が1本の線状の流路からなり、その線状の流路の合流点に向かって反対方向から2つの液滴を搬送させ、前記合流点近傍で接触して1つの液滴に混合後に、前記合流点から離れる方向に合流後に1つとなった液滴を何れかの方向へ搬送させることを特徴とする上記1記載の液体搬送処理方法。

〔6〕 前記線状の流路が密閉型の流路からなり、前記合流点近傍に通気孔が設けられていることを特徴とする上記5記載の液体搬送処理方法。

〔7〕 前記流路が、液滴に対して絶縁層を介して複数の並列配置された第1電極と、前記液滴と接触する第2電極と、前記第2電極に対して前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記1から6の何れか1項記載の液体搬送処理方法。

〔8〕 前記流路が、液滴に対して絶縁層を介して複数の並列配置された第1電極と



、前記液滴に対して絶縁層を介して配置された第2電極と、前記第2電極に対して前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記1から6の何れか1項記載の液体搬送処理方法。

〔9〕 前記流路を構成する前記第2電極が、前記第1電極が配置される基板上であって、前記第1電極の複数の並列配置された電極間、又は、前記第1電極の少なくとも1つの電極に設けた隙間に配置されていることを特徴とする上記7又は8記載の液体搬送処理方法。

〔10〕 前記流路を構成する前記第1電極が2次元に並列配置されていることを特徴とする上記7から9の何れか1項記載の液体搬送処理方法。

〔11〕 前記流路を構成する前記第2電極が複数の並列配置された電極からなることを特徴とする上記8記載の液体搬送処理方法。

〔12〕 前記第1電極と前記第2電極の並列配置方向が相互に交差した方向であることを特徴とする上記11記載の液体搬送処理方法。

〔13〕 前記流路が、液滴に対して絶縁層を介して複数の並列配置された電極を備え、前記複数の並列配置された電極は、液滴搬送方向に交互に周期的に配置された3つ以上の電極群からなり、前記3つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎に個別に制御する制御手段を有し、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記3つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記1から6の何れか1項記載の液体搬送処理方法。

〔14〕 液滴に接触する絶縁層の上に撥水層は設けられていることを特徴とする上記7から13の何れか1項記載の液体搬送処理方法。

〔15〕 液滴の搬送が電氣的に制御可能な並列した2本以上の線状流路が途中で1本の線状流路に合流するように配置され、その合流領域で前記並列した2本以上の線状流路に沿って搬送された液滴同士が混合されることを特徴とする液体搬送処理デバイス。

〔16〕 並列した3本の線状流路が途中で1本の線状流路に合流するように配置され、その合流領域で並列した3本の線状流路の中央の線状流路に沿って搬送された液滴に対して両側から、前記並列した3本の線状流路の両側の2本の線状流路に沿って搬送され

た液滴を接触させて混合させることを特徴とする上記15記載の液体搬送処理デバイス。

〔17〕 前記並列した3本の線状流路の両側の2本の線状流路は前記基板上に設けた同じ第1の液体供給部から前記合流領域に伸びており、前記並列した3本の線状流路の中央の線状流路は、前記第1の液体供給部から前記合流領域に至る前記両側の2本の線状流路間の前記基板上に設けた第2の液体供給部から前記合流領域に伸びていることを特徴とする上記16記載の液体搬送処理デバイス。

〔18〕 前記両側の2本の線状流路の前記第1の液体供給部から前記合流領域に至る流路の長さは略等しいことを特徴とする上記17記載の液体搬送処理デバイス。

〔19〕 液滴の搬送が電氣的に制御可能な密封型の1本の線状流路を備え、前記線状流路の途中に通気孔が設けられ、その通気孔近傍に向かって反対方向から搬送された2つの液滴が前記通気孔近傍で接触して1つの液滴に混合されることを特徴とする液体搬送処理デバイス。

。

〔20〕 前記線状流路が、液滴に対して絶縁層を介して複数の並列配置された第1電極と、前記液滴と接触するか、絶縁層を介して配置された第2電極と、前記第2電極に対して前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されていることを特徴とする上記15から19の何れか1項記載の液体搬送処理デバイス。

。

〔21〕 前記流路を構成する前記第2電極が、前記第1電極が配置される基板上であって、前記第1電極の複数の並列配置された電極間、又は、前記第1電極の少なくとも1つの電極に設けた隙間に配置されていることを特徴とする上記20記載の液体搬送処理デバイス。

〔22〕 前記線状流路が、液滴に対して絶縁層を介して複数の並列配置された電極を備え、前記複数の並列配置された電極は、液滴搬送方向に交互に周期的に配置された3つ以上の電極群からなり、前記3つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎に個別に制御する制御手段を有し、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記3つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記15から19の何れ

か1項記載の液体搬送処理デバイス。

〔23〕 液滴に接触する絶縁層の上に撥水層は設けられていることを特徴とする上記20から22の何れか1項記載の液体搬送処理デバイス。

〔24〕 液滴の搬送を電氣的に制御する流路上で搬送される液滴の混合攪拌を行う液体搬送処理方法において、前記流路上の所定領域で前記液滴に変形を与えて混合攪拌を促進させることを特徴とする液体搬送処理方法。

〔25〕 前記流路上の所定領域で前記液滴を閉じた曲線に沿って回転させることにより混合攪拌を促進させることを特徴とする上記24記載の液体搬送処理方法。

〔26〕 前記流路上の所定領域で前記液滴を搬送方向及びその搬送方向に交差する方向に交互に引き伸ばしと収縮あるいは分割と混合をさせることにより混合攪拌を促進させることを特徴とする上記24記載の液体搬送処理方法。

〔27〕 前記流路上の所定領域で前記液滴を搬送方向へ往復動させて転がすることにより混合攪拌を促進させることを特徴とする上記24記載の液体搬送処理方法。

〔28〕 前記流路として、線状の流路であって、前記所定領域の流路の幅をその前後の流路の幅より広くしたものをを用い、前記所定領域を含む搬送方向へ前記液滴を往復動させて、前記液滴に搬送方向と交差する方向に伸縮を与えることにより混合攪拌を促進させることを特徴とする上記24記載の液体搬送処理方法。

〔29〕 前記所定領域からその前後の流路へ移る部分に広い流路から狭い流路へ液滴が移動するときには邪魔をして液滴中に食い込んで乱流を起こす逆止突起部が設けられている流路を用い、前記所定領域を含む搬送方向へ前記液滴を往復動させて、前記液滴中に乱流を起こすことにより混合攪拌を促進させることを特徴とする上記28記載の液体搬送処理方法。

〔30〕 前記流路として、基板中に溝を設けて構成された線状の流路であって、その流路中に流路にジグザグを入れる突起部が設けられている流路を用い、前記突起部中を通過して搬送される前記液滴に引き伸ばしと収縮を与えることにより混合攪拌を促進させることを特徴とする上記24記載の液体搬送処理方法。

〔31〕 前記流路として、基板中に溝を設けて構成された線状の流路であって、その流路中に凹部が設けられている流路を用い、前記凹部を通過して搬送される液滴に引き伸ばしと収縮を与えることにより混合攪拌を促進させることを特徴とする上記24記載の液体搬送処理方法。

〔32〕 前記所定領域の液滴搬送方向に親水領域と撥水領域とが交互に設けられており、前記液滴を前記所定領域中で往復動させて前記液滴に引き伸ばしと収縮を与えることにより混合攪拌を促進させることを特徴とする上記24記載の液体搬送処理方法。

〔33〕 前記流路が、液滴に対して絶縁層を介して複数の並列配置された第1電極と、前記液滴と接触する第2電極と、前記第2電極に対して前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記24から32の何れか1項記載の液体搬送処理方法。

〔34〕 前記流路が、液滴に対して絶縁層を介して複数の並列配置された第1電極と、前記液滴に対して絶縁層を介して配置された第2電極と、前記第2電極に対して前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記24から32の何れか1項記載の液体搬送処理方法。

〔35〕 前記流路を構成する前記第2電極が、前記第1電極が配置される基板上であって、前記第1電極の複数の並列配置された電極間、又は、前記第1電極の少なくとも1つの電極に設けた隙間に配置されていることを特徴とする上記33又は34記載の液体搬送処理方法。

〔36〕 前記流路を構成する前記第1電極が2次元に並列配置されていることを特徴とする上記33から35の何れか1項記載の液体搬送処理方法。

〔37〕 前記流路を構成する前記第2電極が複数の並列配置された電極からなることを特徴とする上記34記載の液体搬送処理方法。

〔38〕 前記第1電極と前記第2電極の並列配置方向が相互に交差した方向であることを特徴とする上記37記載の液体搬送処理方法。

〔39〕 前記流路が、液滴に対して絶縁層を介して複数の並列配置された電極を備え、前記複数の並列配置された電極は、液滴搬送方向に交互に周期的に配置された3つ以上の電極群からなり、前記3つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎に個別に制御する制御手段を有し、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記3つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎に個別

に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記2 4から3 2の何れか1項記載の液体搬送処理方法。

〔4 0〕 液滴に接触する絶縁層の上に撥水層は設けられていることを特徴とする上記3 3から3 9の何れか1項記載の液体搬送処理方法。

〔4 1〕 液滴の搬送が電氣的に制御可能な線状流路の途中に、搬送される液滴に変形を与えて混合攪拌を促進させる混合攪拌部が配置されてなることを特徴とする液体搬送処理デバイス。

〔4 2〕 前記混合攪拌部の流路の電極の形状が、前記混合攪拌部前後の線状流路の電極の形状と異なることを特徴とする上記4 1記載の液体搬送処理デバイス。

〔4 3〕 前記混合攪拌部における電極の形状は、液滴を閉じた曲線に沿って回転させることにより搬送させる形状となっていることを特徴とする上記4 2記載の液体搬送処理デバイス。

〔4 4〕 前記混合攪拌部における電極の形状は、前記混合攪拌部前後の搬送方向と交差する方向にも液滴を搬送可能な形状となっていることを特徴とする上記4 2記載の液体搬送処理デバイス。

〔4 5〕 前記混合攪拌部における流路の幅が前記混合攪拌部前後の流路の幅よりも広く構成されていることを特徴とする上記4 1記載の液体搬送処理デバイス。

〔4 6〕 前記混合攪拌部から前記混合攪拌部前後の流路へ移る部分に広い流路から狭い流路へ液滴が移動するときには牙障をして液滴中に食い込んで乱流を起こす逆止突起部が設けられていることを特徴とする上記4 5記載の液体搬送処理デバイス。

〔4 7〕 前記線状流路が基板中に溝を設けて形成され、前記混合攪拌部の線状流路にジグザグを入れる突起群によって構成され、前記突起群中を通して搬送される液滴に引き伸ばしと収縮を与えるように構成されていることを特徴とする上記4 1記載の液体搬送処理デバイス。

〔4 8〕 前記線状流路が基板中に溝を設けて形成され、前記混合攪拌部の線状流路中に配置された門部によって構成され、前記門部を通して搬送される液滴に引き伸ばしと収縮を与えるように構成されていることを特徴とする上記4 1記載の液体搬送処理デバイス。

〔4 9〕 前記混合攪拌部を形成する線状流路の進行方向に、親水領域と撥水領域とが交互に設けられていることを特徴とする上記4 1記載の液体搬送処理デバイス。

〔50〕 前記線状流路が、液滴に対して絶縁層を介して複数の並列配置された第1電極と、前記液滴と接触するか、絶縁層を介して配置された第2電極と、前記第2電極に対して前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されていることを特徴とする上記41から49の何れか1項記載の液体搬送処理デバイス。

〔51〕 前記流路を構成する前記第2電極が、前記第1電極が配置される基板上であって、前記第1電極の複数の並列配置された電極間、又は、前記第1電極の少なくとも1つの電極に設けた隙間に配置されていることを特徴とする上記50記載の液体搬送処理デバイス。

〔52〕 前記線状流路が、液滴に対して絶縁層を介して複数の並列配置された電極を備え、前記複数の並列配置された電極は、液滴搬送方向に交互に周期的に配置された3つ以上の電極群からなり、前記3つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎に個別に制御する制御手段を有し、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記3つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記41から49の何れか1項記載の液体搬送処理デバイス。

〔53〕 液滴に接触する絶縁層の上に撥水層は設けられていることを特徴とする上記50から52の何れか1項記載の液体搬送処理デバイス。

また、以上の本発明の液体搬送処理デバイス及び液体搬送処理方法は、例えば次のように構成することもできる。

〔1〕 液体の搬送を電氣的に制御する流路上を搬送される液体の一定量を分けて取り出すことにより、液体の定量あるいは分取を行うことを特徴とする液体搬送処理方法。

〔2〕 前記流路が1本の線状流路からなり、その線状流路の途中に接続され溜められる液体量が予め定められた引き込み流路へ前記線状流路上を搬送される液体を引き込み、その後、前記引き込み流路へ溜められた液体を独立に前記線状流路を経て搬送することを特徴とする上記1記載の液体搬送処理方法。

〔3〕 前記線状流路が循環流路からなり、前記引き込み流路が前記線状流路の何れかの位置に接続されていることを特徴とする上記2記載の液体搬送処理方法。

〔４〕 前記流路が１本の線状流路からなり、その線状流路の途中に分割点が定められて、液体の先端が前記分割点を通過し、前記液体の後端が前記分割点に達しないように、前記線状流路の一端から前記液体を導入し、その後前記分割点で前記液体を２つに分割し、前記液体の先端から前記分割点までの液体を独立に前記線状流路を経て搬送することを特徴とする上記１記載の液体搬送処理方法。

〔５〕 前記線状流路が密閉型の流路からなり、前記分割点近傍に通気孔が設けられていることを特徴とする上記４記載の液体搬送処理方法。

〔６〕 前記流路が平面状でその面上で液体を任意の方向に搬送可能な流路からなり、前記平面状流路の何れかの方向から、液体の先端が所定幅で所定長さの突起部を形成するように導入し、その突起部の液体を導入された前記液体の本体から分けて独立に前記平面状流路を経て搬送することを特徴とする上記１記載の液体搬送処理方法。

〔７〕 前記液体の先端に幅と長さが同じ突起部を複数形成するように前記液体を導入し、それら複数の突起部の液体を導入された前記液体の本体から分けて前記平面状流路上を搬送させて合流点においてそれら複数の突起部の液体を１つに混合後に、混合された液体を前記平面状流路を経て搬送することを特徴とする上記６記載の液体搬送処理方法。

〔８〕 前記平面状流路が循環流路からなることを特徴とする上記６又は７記載の液体搬送処理方法。

〔９〕 前記流路が、液体に対して絶縁層を介して複数の並列配置された第１電極と、前記液体と接触する第２電極と、前記第２電極に対して前記複数の並列配置された第１電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、前記制御手段は、前記液体を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第１電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記１から８の何れか１項記載の液体搬送処理方法。

〔１０〕 前記流路が、液体に対して絶縁層を介して複数の並列配置された第１電極と、前記液体に対して絶縁層を介して配置された第２電極と、前記第２電極に対して前記複数の並列配置された第１電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、前記制御手段は、前記液体を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第１電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記１から８の何れか１項記載の液体搬送処理方法。

〔１１〕 前記流路を構成する前記第２電極が、前記第１電極が配置される基板上で



あって、前記第1電極の複数の並列配置された電極間、又は、前記第1電極の少なくとも1つの電極に設けた隙間に配置されていることを特徴とする上記9又は10記載の液体搬送処理方法。

〔12〕 前記流路を構成する前記第1電極が2次元に並列配置されていることを特徴とする上記9から11の何れか1項記載の液体搬送処理方法。

〔13〕 前記流路を構成する前記第2電極が複数の並列配置された電極からなることを特徴とする上記10記載の液体搬送処理方法。

〔14〕 前記第1電極と前記第2電極の並列配置方向が相互に交差した方向であることを特徴とする上記13記載の液体搬送処理方法。

〔15〕 前記流路が、液体に対して絶縁層を介して複数の並列配置された電極を備え、前記複数の並列配置された電極は、液体搬送方向に交互に周期的に配置された3つ以上の電極群からなり、前記3つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎に個別に制御する制御手段を有し、前記制御手段は、前記液体を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記3つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記1から8の何れか1項記載の液体搬送処理方法。

〔16〕 液体に接触する絶縁層の上に撥水層は設けられていることを特徴とする上記9から15の何れか1項記載の液体搬送処理方法。

〔17〕 液体の搬送が電氣的に制御可能な線状流路に搬送される液体の一定量を分けて取り出す定量部又は分取部が設けられていることを特徴とする液体搬送処理デバイス。

〔18〕 前記定量部又は分取部が、前記線状流路の途中に接続され溜められる液体量が予め定まっている1つ以上の定量引き込み流路からなることを特徴とする上記17記載の液体搬送処理デバイス。

〔19〕 前記線状流路が密閉型の流路からなり、前記線状流路の途中に通気孔が設けられ、その通気孔近傍において液体を一方向へ連続搬送させその後前記通気孔近傍で分割搬送させることにより所定量の液体が分取可能になっていることを特徴とする上記17記載の液体搬送処理デバイス。

〔20〕 前記線状流路が循環流路を形成していることを特徴とする上記18又は19記載の液体搬送処理デバイス。



〔2 1〕 前記線状流路が、液体に対して絶縁層を介して複数の並列配置された第1電極と、前記液体と接触するか、絶縁層を介して配置された第2電極と、前記第2電極に対して前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、前記制御手段は、前記液体を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されていることを特徴とする上記1 7から2 0の何れか1項記載の液体搬送処理デバイス。

〔2 2〕 前記流路を構成する前記第2電極が、前記第1電極が配置される基板上であって、前記第1電極の複数の並列配置された電極間、又は、前記第1電極の少なくとも1つの電極に設けた隙間に配置されていることを特徴とする上記2 1記載の液体搬送処理デバイス。

〔2 3〕 前記線状流路が、液体に対して絶縁層を介して複数の並列配置された電極を備え、前記複数の並列配置された電極は、液体搬送方向に交互に周期的に配置された3つ以上の電極群からなり、前記3つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎に個別に制御する制御手段を有し、前記制御手段は、前記液体を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記3つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記1 7から2 0の何れか1項記載の液体搬送処理デバイス。

〔2 4〕 液体に接触する絶縁層の上に撥水層は設けられていることを特徴とする上記1 7から2 3の何れか1項記載の液体搬送処理デバイス。

また、以上の本発明の液体搬送処理デバイス及び液体搬送処理方法は、例えば次のように構成することもできる。

〔1〕 面状の流路であって、2次元配列のセグメント各々に印加する電圧のオン・オフあるいは位相をセグメント毎に制御することにより流路面上で液滴を任意の方向に搬送可能な流路において、流路面上に複数の液滴を2次元方向に並べて配置し、その並列配置した液滴間のセグメントを通して特定の液滴を選択的に搬送させて流路外に取り出したり並べ替える液体搬送処理方法において、前記複数の液滴各々は隣接する液滴との間に少なくとも3つのセグメントが介在するように相互に並列配置されることを特徴とする液体搬送処理方法。

〔2〕 前記流路が、液滴に対して絶縁層を介して複数の2次元に並列配置された第

1 電極と、前記液滴と接触する第 2 電極と、前記第 2 電極に対して前記複数の並列配置された第 1 電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、前記第 1 電極に対応する領域の各々が前記セグメントを構成し、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第 1 電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記 1 記載の液体搬送処理方法。

〔3〕 前記流路が、液滴に対して絶縁層を介して複数の 2 次元に並列配置された第 1 電極と、前記液滴に対して絶縁層を介して配置された第 2 電極と、前記第 2 電極に対して前記複数の並列配置された第 1 電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、前記第 1 電極に対応する領域の各々が前記セグメントを構成し、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第 1 電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記 1 記載の液体搬送処理方法。

〔4〕 前記流路を構成する前記第 2 電極が、前記第 1 電極が配置される基板上であって、前記第 1 電極の複数の並列配置された電極間、又は、前記第 1 電極の少なくとも 1 つの電極に設けた隙間に配置されていることを特徴とする上記 2 又は 3 記載の液体搬送処理方法。

〔5〕 前記流路が、液滴に対して絶縁層を介して複数の 1 次元に並列配置され長尺で相互に平行な第 1 電極と、前記液滴に対して絶縁層を介して配置された複数の第 1 電極の並列配置方向と交差する方向に 1 次元に並列配置され長尺で相互に平行な第 2 電極と、第 1 電極と第 2 電極との間に印加する印加電圧を第 1 電極及び第 2 電極の電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、第 1 電極と第 2 電極の各電極間の交差位置各々が前記セグメントを構成し、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第 1 電極及び第 2 電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記 1 記載の液体搬送処理方法。

〔6〕 前記流路が、液滴に対して絶縁層を介して複数の 2 次元に並列配置された電極を備え、前記複数の並列配置された電極は、液滴搬送方向に交互に周期的に配置された 3 つ以上の電極群からなり、前記 3 つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎に個別に制御する制御手段を有し、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記 3 つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎

に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記1記載の液体搬送処理方法。

〔7〕 液滴に接触する絶縁層の上に撥水層は設けられていることを特徴とする上記2から6の何れか1項記載の液体搬送処理方法。

〔8〕 液体の搬送を電氣的に制御する流路の面を照明する照明光源と、前記流路の面を撮像し、撮像された流路上の液滴の位置又はその移動をモニターする撮像装置とを備えていることを特徴とする液体搬送処理デバイス。

〔9〕 前記流路の面に対して前記照明光源が前記撮像装置と同じ側に配置されており、前記撮像装置は流路上の液滴で散乱された光により液滴の位置又はその移動をモニターすることを特徴とする上記8記載の液体搬送処理デバイス。

〔10〕 前記流路の面に対して前記照明光源が前記撮像装置と反対側に配置されており、前記撮像装置は流路上の液滴で集光あるいは発散された光を受光する複数の並列配置された受光素子からなり、前記受光素子で受光された受光強度信号から液滴の位置又はその移動をモニターするように構成されていることを特徴とする上記8記載の液体搬送処理デバイス。

〔11〕 前記流路の面と前記受光素子の間に空間周波数フィルタリング手段を備えていることを特徴とする上記10記載の液体搬送処理デバイス。

〔12〕 前記流路が、液滴に対して絶縁層を介して複数の並列配置された第1電極と、前記液滴と接触する第2電極と、前記第2電極に対して前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記8から11の何れか1項記載の液体搬送処理デバイス。

〔13〕 前記流路が、液滴に対して絶縁層を介して複数の並列配置された第1電極と、前記液滴に対して絶縁層を介して配置された第2電極と、前記第2電極に対して前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記8から11の何れか1項記載の液体搬送処理デバイス。

〔14〕 前記流路を構成する前記第2電極が、前記第1電極が配置される基板上であって、前記第1電極の複数の並列配置された電極間、又は、前記第1電極の少なくとも1つの電極に設けた隙間に配置されていることを特徴とする上記12又は13記載の液体搬送処理デバイス。

〔15〕 前記流路を構成する前記第1電極が2次元に並列配置されていることを特徴とする上記12から14の何れか1項記載の液体搬送処理デバイス。

〔16〕 前記流路を構成する前記第2電極が複数の並列配置された電極からなることを特徴とする上記13記載の液体搬送処理デバイス。

〔17〕 前記第1電極と前記第2電極の並列配置方向が相互に交差した方向であることを特徴とする上記16記載の液体搬送処理デバイス。

〔18〕 前記流路が、液滴に対して絶縁層を介して複数の並列配置された電極を備え、前記複数の並列配置された電極は、液滴搬送方向に交互に周期的に配置された3つ以上の電極群からなり、前記3つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎に個別に制御する制御手段を有し、前記制御手段は、前記液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記3つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記8から11の何れか1項記載の液体搬送処理デバイス。

〔19〕 液滴に接触する絶縁層の上に撥水層は設けられていることを特徴とする上記12から18の何れか1項記載の液体搬送処理デバイス。

また、以上の本発明の液体搬送処理システムは、例えば次のように構成することができる。

〔1〕 液体又は液滴の搬送が電氣的に制御可能な流路を備え、その流路の少なくとも途中あるいは端部で他の流路と連結可能に可能に構成され、その流路に沿って搬送される液体又は液滴に処理目的に応じた処理を加えることが可能な液体搬送処理ユニットを複数連結してなることを特徴とする液体搬送処理システム。

〔2〕 前記の複数の液体搬送処理ユニットの中の少なくとも1つの液体搬送処理ユニットに、同じ処理をする流路が複数並列配置されていることを特徴とする上記1記載の液体搬送処理システム。

〔3〕 前記の複数の液体搬送処理ユニットの中の少なくとも1つの液体搬送処理ユニットが、液体又は液滴の混合、攪拌、分岐、定量、分取、洗浄、ソート、検出、加熱、

冷却、循環の何れか1つ以上の処理を行うものであることを特徴とする上記1又は2記載の液体搬送処理システム。

〔4〕 液体又は液滴の搬送が電氣的に制御可能な循環流路を備え、その循環流路の途中にその流路に沿って搬送される液体又は液滴に処理目的に応じた処理を加える処理部と、その処理部で処理が加えられた後の液体又は液滴の特性変化を検出する測定部とを備えている液体搬送処理ユニットを含むことを特徴とする液体搬送処理システム。

〔5〕 少なくとも1つの液体搬送処理ユニットの基板に温度センサーを備えていることを特徴とする上記1から4の何れか1項記載の液体搬送処理システム。

〔6〕 液体搬送処理ユニットを設置している雰囲気温度をモニターする温度センサーを備えていることを特徴とする上記1から5の何れか1項記載の液体搬送処理システム。

〔7〕 液体搬送処理ユニットを設置している雰囲気湿度をモニターする湿度センサーと、その雰囲気湿度を上げる加湿器と、その雰囲気湿度を下げる除湿器とを備えていることを特徴とする上記1から6の何れか1項記載の液体搬送処理システム。

〔8〕 少なくとも1つの液体搬送処理ユニットの基板として可撓性のあるフレキシブル基板を用いていることを特徴とする上記1から7の何れか1項記載の液体搬送処理システム。

〔9〕 少なくとも1つの液体搬送処理ユニットの流路が、液体又は液滴に対して絶縁層を介して複数の並列配置された第1電極と、前記液体又は液滴と接触する第2電極と、前記第2電極に対して前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、前記制御手段は、前記液体又は液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記1から8の何れか1項記載の液体搬送処理システム。

〔10〕 少なくとも1つの液体搬送処理ユニットの流路が、液体又は液滴に対して絶縁層を介して複数の並列配置された第1電極と、前記液体又は液滴に対して絶縁層を介して配置された第2電極と、前記第2電極に対して前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御手段とを有し、前記制御手段は、前記液体又は液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴

とする上記1から8の何れか1項記載の液体搬送処理システム。

〔11〕 前記流路を構成する前記第2電極が、前記第1電極が配置される基板上であって、前記第1電極の複数の並列配置された電極間、又は、前記第1電極の少なくとも1つの電極に設けた隙間に配置されていることを特徴とする上記9又は10記載の液体搬送処理システム。

〔12〕 前記流路を構成する前記第1電極が2次元に並列配置されていることを特徴とする上記9から11の何れか1項記載の液体搬送処理システム。

〔13〕 前記流路を構成する前記第2電極が複数の並列配置された電極からなることを特徴とする上記10記載の液体搬送処理システム。

〔14〕 前記第1電極と前記第2電極の並列配置方向が相互に交差した方向であることを特徴とする上記13記載の液体搬送処理システム。

〔15〕 少なくとも1つの液体搬送処理ユニットの流路が、液体又は液滴に対して絶縁層を介して複数の並列配置された電極を備え、前記複数の並列配置された電極は、液体又は液滴搬送方向に交互に周期的に配置された3つ以上の電極群からなり、前記3つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎に個別に制御する制御手段を有し、前記制御手段は、前記液体又は液滴を前記絶縁層に沿って移動させるように、前記3つ以上の電極群に対して印加する交流電圧の位相を電極群毎に個別に制御可能に構成されている流路からなることを特徴とする上記1から8の何れか1項記載の液体搬送処理システム。

〔16〕 液体又は液滴に接触する絶縁層の上に撥水層は設けられていることを特徴とする上記9から15の何れか1項記載の液体搬送処理システム。

#### 産業上の利用可能性

本発明の液体搬送処理デバイス及び液体搬送処理方法によると、前回搬送した液体による流路の汚染を洗浄したり、流路の汚染を受けた表面を交換するので、常に汚れのない綺麗な状態で液体の搬送や処理を行うことができる。

また、開放型で平面状あるいは円筒状のエレクトロウエッティング現象を利用した液体搬送処理デバイスを容易に提供することができ、また、線状あるいは面状液路において各種の液体処理が可能になる。

また、流路上で液滴同士を確実に混合することができると共に、混合攪拌を促進させて

液滴を均一化することができる。

また、流路上で一定量の液体を測って分けて確実に取り出すことができる。

また、面状の流路上で複数の液滴から特定の液滴を選択的に取り出したり、並べ替える処理が確実に行うことが可能になり、また、流路上を搬送処理される液滴の位置や移動を確実にモニターすることができるようになる。

また、本発明の液体搬送処理システムによると、流路に沿って搬送される液体又は液滴に処理目的に応じた処理を加えることが可能な液体搬送処理ユニットを複数連結してなるので、予め用意した種々の液体搬送処理ユニットを任意に選んで単線的あるいは並列的に連結することにより種々の液体の処理の用途に供することができる。また、液体搬送処理ユニットとして、循環流路の途中に搬送される液体又は液滴に処理目的に応じた処理を加える処理部と、その処理部で処理が加えられた後の液体又は液滴の特性変化を検出する測定部とを備えたものを用いることにより、液体又は液滴の加熱や冷却等の処理後の経時変化を測定することが可能になる。

### 請 求 の 範 囲

1. 基板上に設けられ、複数の液滴が移動する流路と、  
前記流路に存在する液滴を所定の方向に移動させるように、印加される電圧が制御される複数の電極と、  
前記流路に存在する液滴と前記複数の電極中の少なくとも一部とを電気的に絶縁する絶縁層と、を具備し、  
前記複数の液滴が通過する流路を介しての前記液滴の汚染を抑制する機能を有するように構成されたことを特徴とする液体搬送処理デバイス。
2. 前記汚染を抑制する機能は、前記流路を洗浄する機能であることを特徴とする請求項1に記載の液体搬送処理デバイス。
3. 前記流路を洗浄する機能は、前記電極に印加された電圧によって前記流路に沿って洗浄液を移動させて前記流路を洗浄する機能であることを特徴とする請求項2に記載の液体搬送処理デバイス。
4. 前記洗浄液を移動させて前記流路を洗浄する機能は、前記流路に沿って前記洗浄液を一方あるいは往復方向に搬送して前記流路を洗浄する機能であることを特徴とする請求項3に記載の液体搬送処理デバイス。
5. 前記流路を洗浄する機能は、前記複数の液滴の間に洗浄液の液滴を少なくとも1つ介在させて前記流路を洗浄する機能であることを特徴とする請求項3に記載の液体搬送処理デバイス。
6. 前記汚染を抑制する機能は、前記流路の表面に密着された撥水性の絶縁材料からなるフィルムを交換可能とする機能であることを特徴とする請求項1に記載の液体搬送処理デバイス。
7. 前記流路が開放型の流路からなることを特徴とする請求項6に記載の液体搬送処理デバイス。
8. 前記複数の電極は、  
前記流路内の前記液滴に対して前記絶縁層を介して複数の並列配置された第1電極と、  
前記流路内の前記液滴に対して前記絶縁層を介して配置された第2電極と、  
で構成されることを特徴とする請求項1に記載の液体搬送処理デバイス。



9. 前記第2電極は、前記第1電極が配置される基板上であって、前記第1電極の複数の並列配置された電極間、又は、前記第1電極を設けた隙間に配置されていることを特徴とする請求項8に記載の液体搬送処理デバイス。

10. 前記第1電極は、2次元に並列配置されていることを特徴とする請求項8に記載の液体搬送処理デバイス。

11. 前記第2電極は、複数の並列配置された電極であることを特徴とする請求項8に記載の液体搬送処理装置。

12. 前記第1電極と前記第2電極の並列配置方向が交差することを特徴とする請求項11に記載の液体搬送処理デバイス。

13. 前記第2電極に対して前記複数の並列配置された第1電極に印加する印加電圧を電極毎に個別に制御する制御手段をさらに有することを特徴とする請求項8に記載の液体搬送処理デバイス。

14. 前記液滴と前記電極の間に設けられた前記絶縁層の上に前記液滴に接触する撥水層が設けられていることを特徴とする請求項1に記載の液体搬送処理デバイス。

15. 基板上に設けられ、複数の液滴が移動する流路と、前記流路に存在する液滴を所定の方向に移動させるように印加される電圧が制御される複数の電極と、前記流路に存在する液滴と前記複数の電極中の少なくとも一部とを電気的に絶縁する絶縁層と、を具備する液体搬送処理デバイスにおける液体搬送処理方法であって、

前記複数の電極に印加された電圧により、前記複数の液滴の中の少なくとも1つを所定の方向に移動させる工程と、

前記所定の方向に移動させられた液滴が通過した流路を介した、前記所定の方向に移動された液滴による残余の前記液滴の汚染を抑制する工程と、  
を有することを特徴とする液体搬送処理方法。

16. 前記汚染を抑制する工程は、前記流路の洗浄を含むことを特徴とする請求項15に記載の液体搬送処理方法。

17. 前記流路の洗浄は、前記流路に沿って洗浄液を前記電極に印加された電圧によって前記流路に沿って洗浄液を移動させて前記流路を洗浄するものであることを特徴とする請求項16に記載の液体搬送処理方法。

18. 前記流路の洗浄は、前記流路に沿って洗浄液を前記電極に印加された電圧によって前記流路に沿って前記洗浄液を一方向あるいは往復方向に搬送して前記流路を洗浄

するものであることを特徴とする請求項17に記載の液体搬送処理方法。

19. 前記流路を洗浄は、前記複数の液滴の間に前記洗浄液の液滴を少なくとも1つ介在させて前記流路を洗浄するものであることを特徴とする請求項17に記載の液体搬送処理デバイス。

20. 前記汚染を抑制する工程は、前記流路の表面に密着された撥水性の絶縁材料からなるフィルムの交換を含むことを特徴とする請求項15に記載の液体搬送処理方法。

FIG. 1

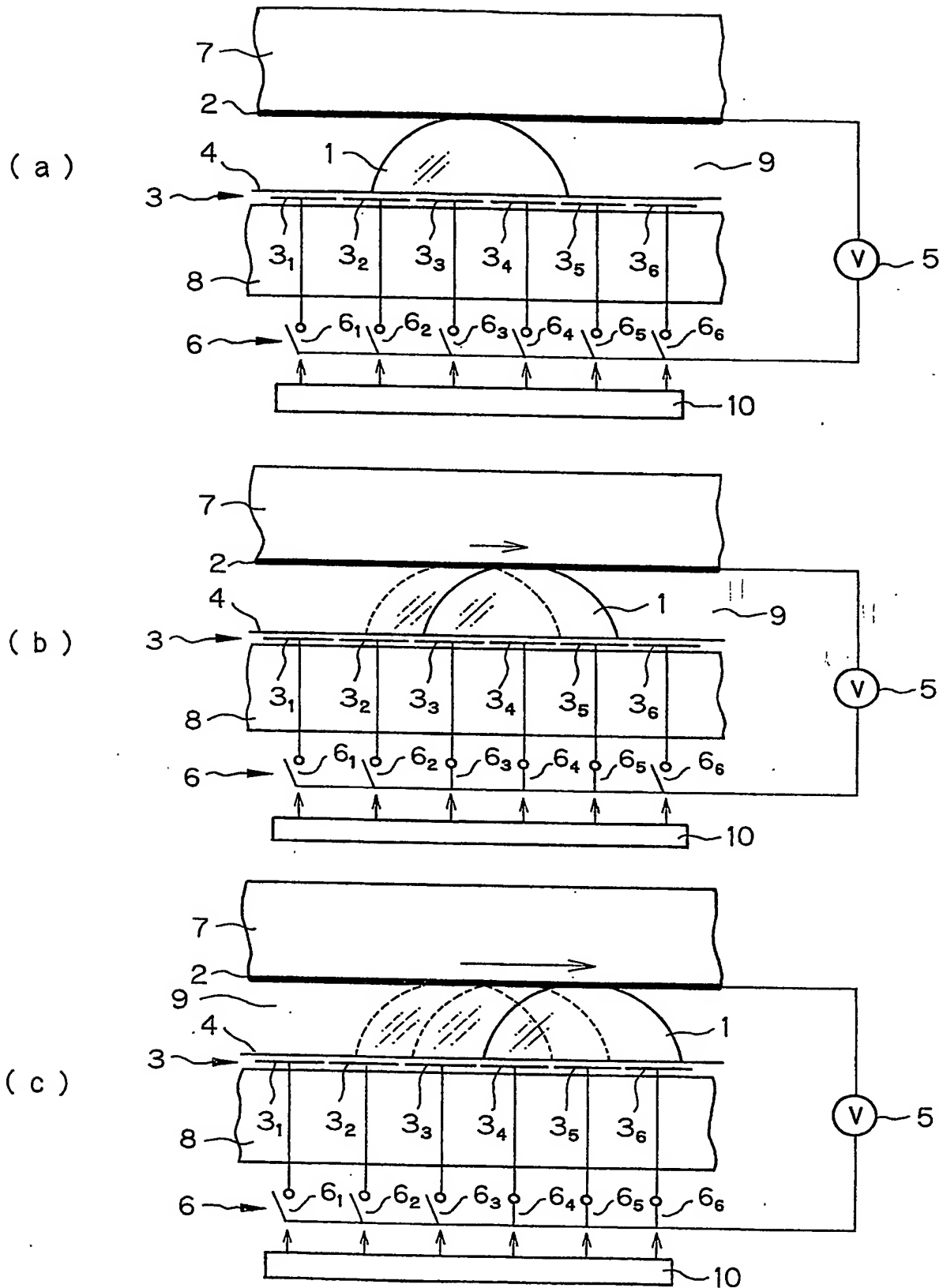


FIG. 2

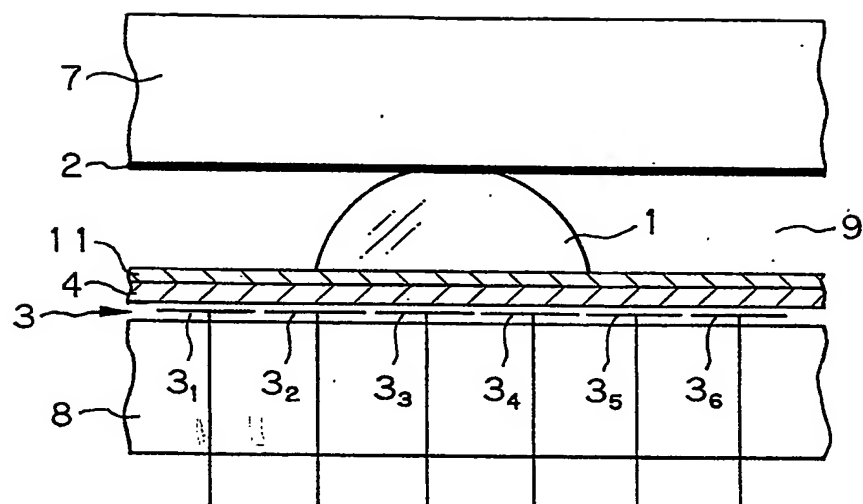
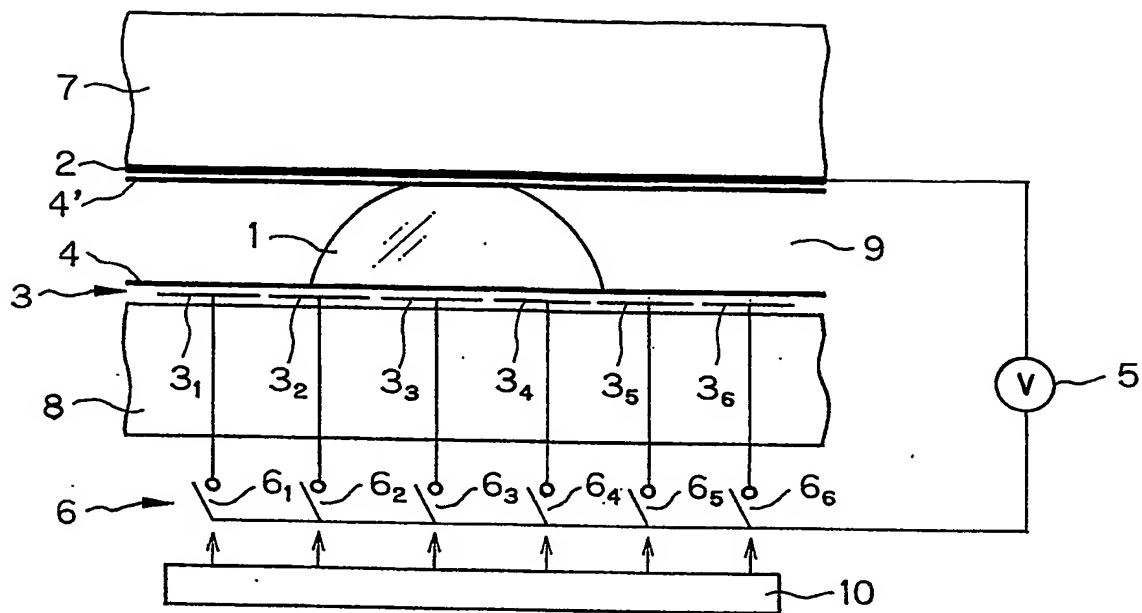


FIG. 3

(a)



(b)

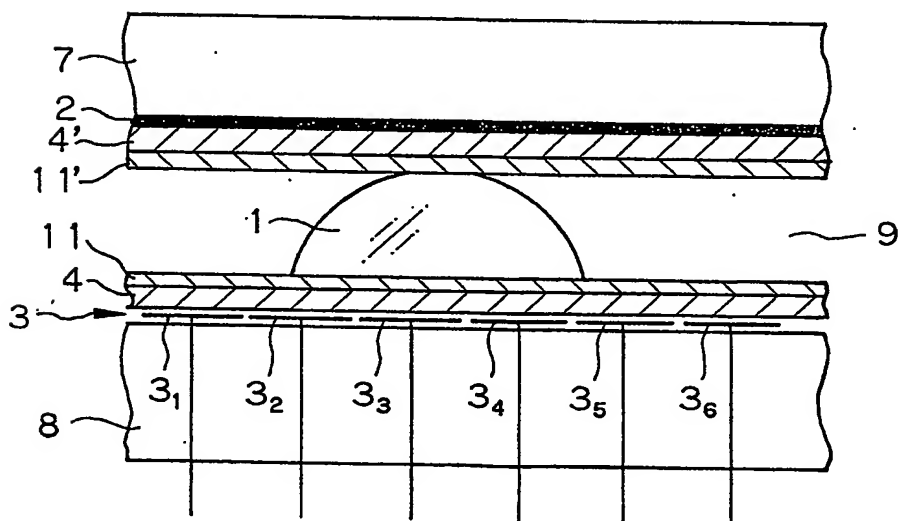


FIG. 4

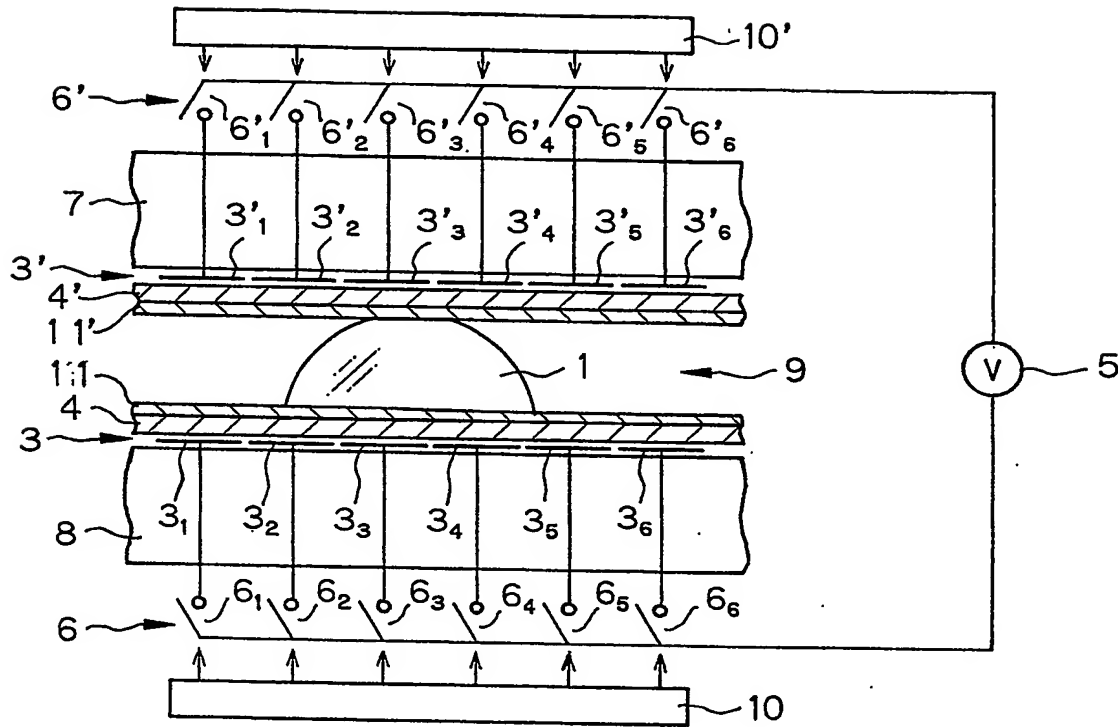


FIG. 5

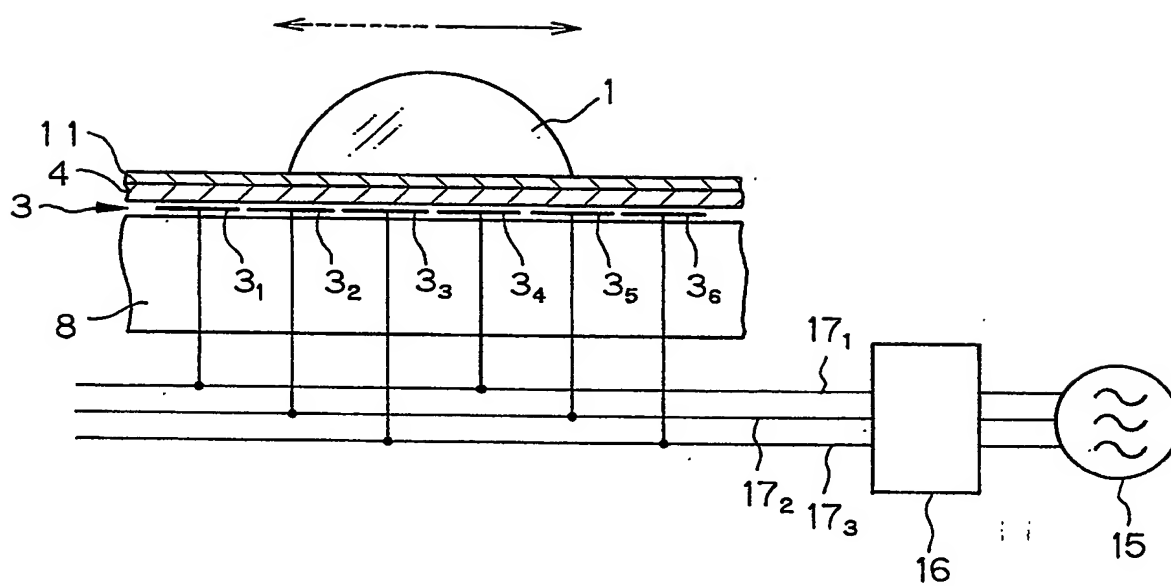






FIG. 8

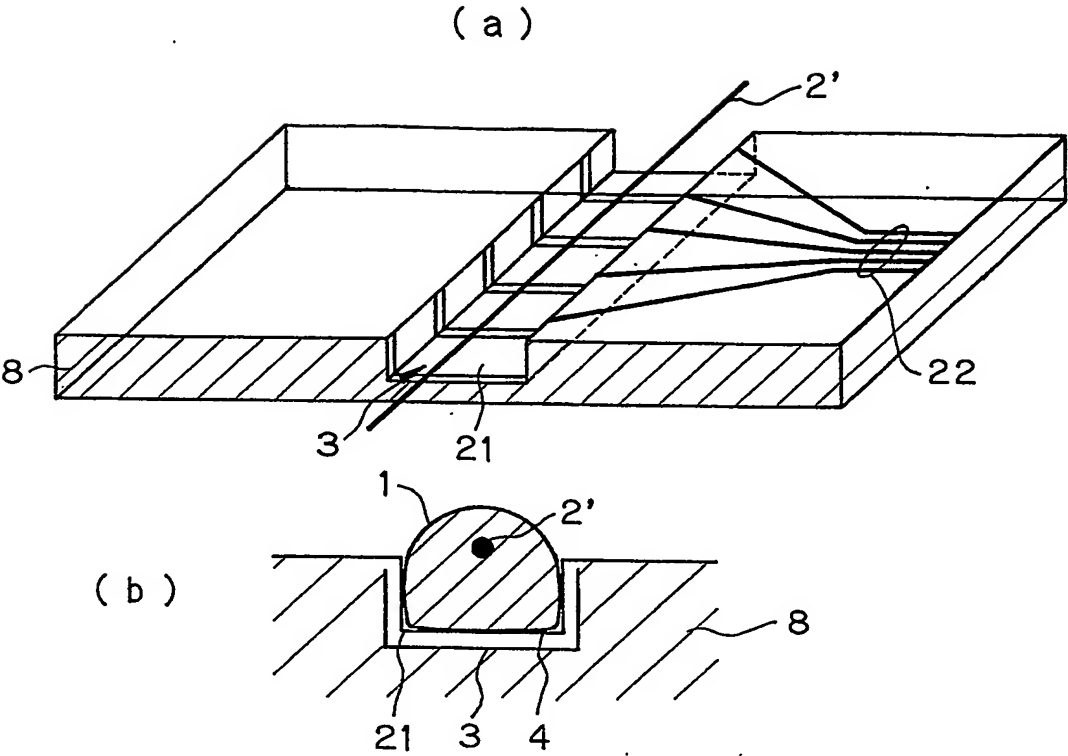


FIG. 9

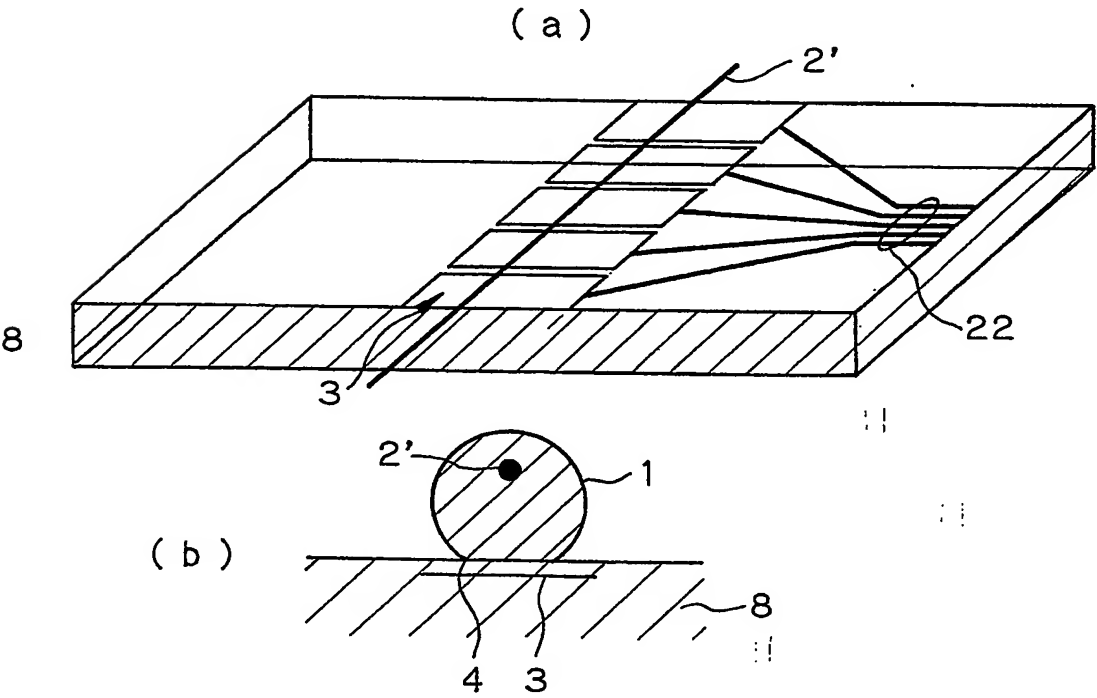


FIG. 10

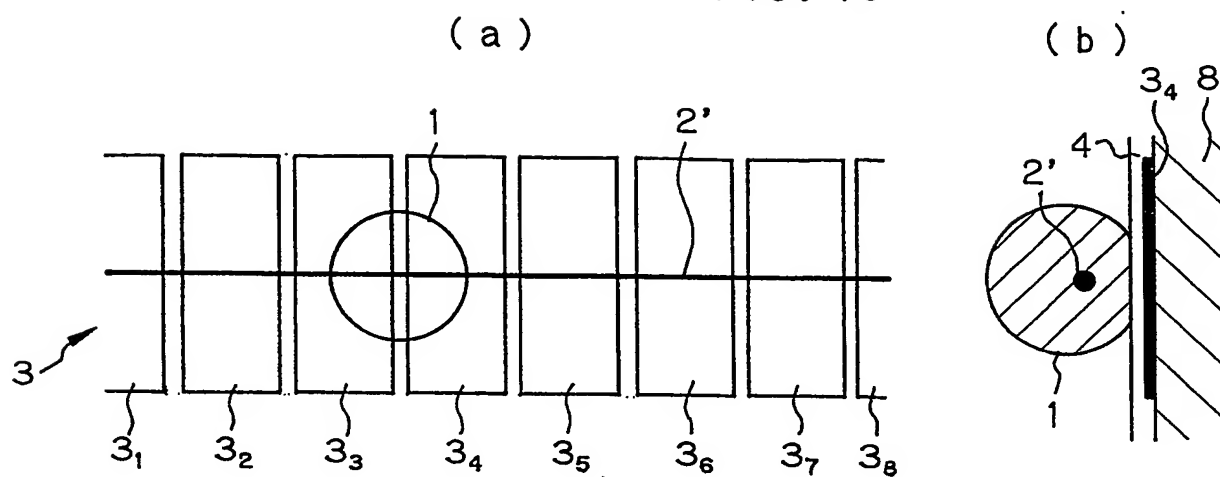


FIG. 11

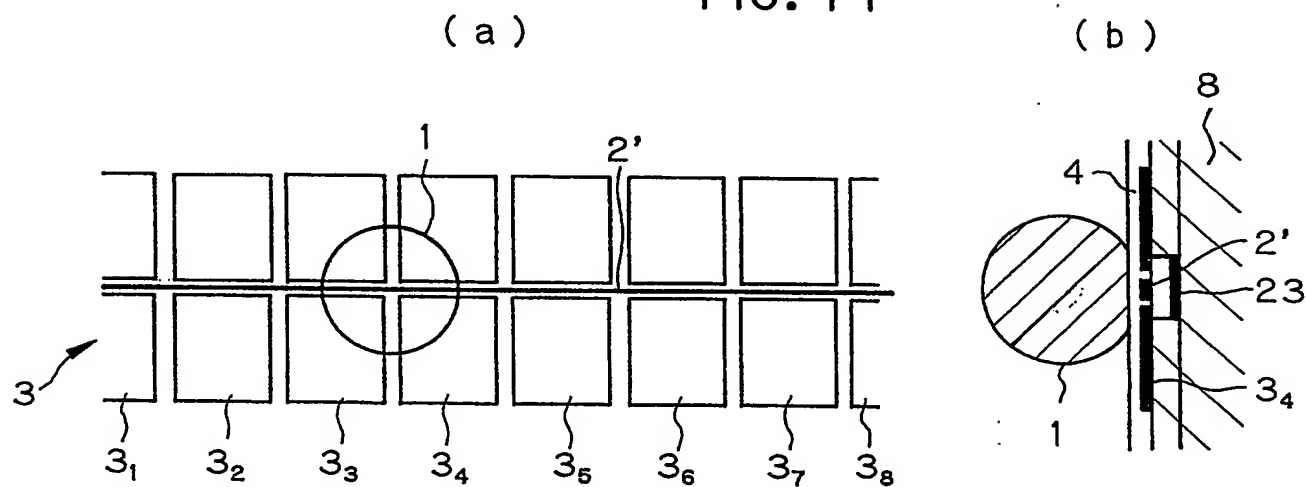


FIG. 12

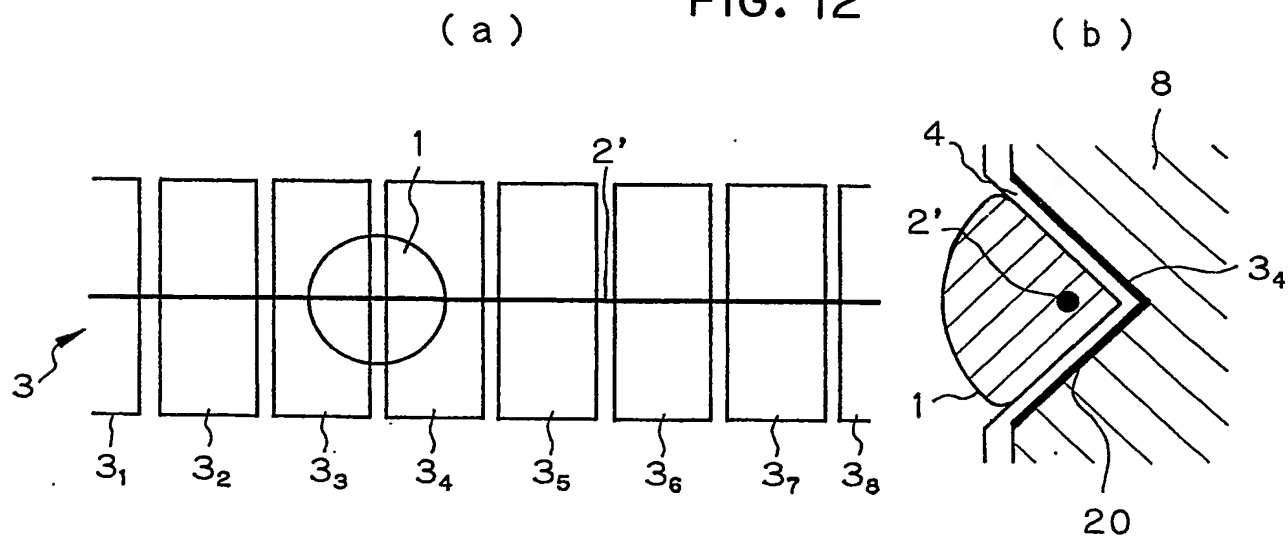
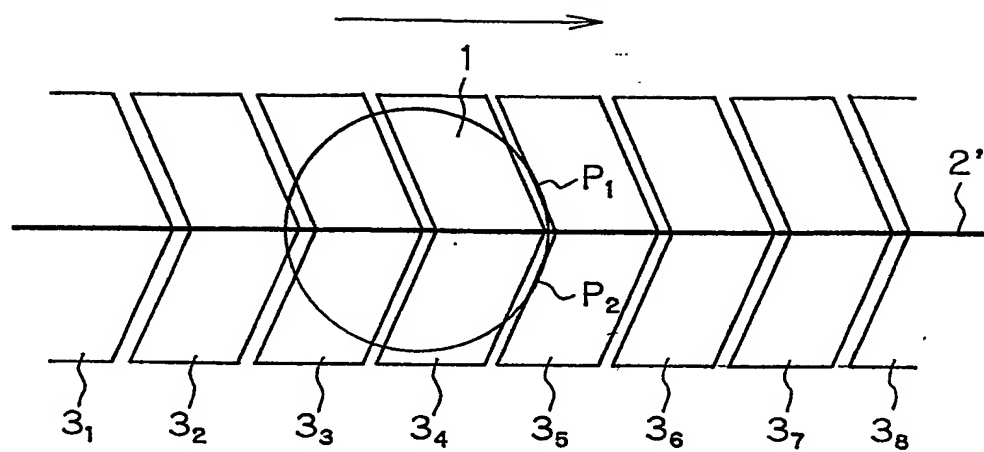


FIG. 13

(a)



(b)

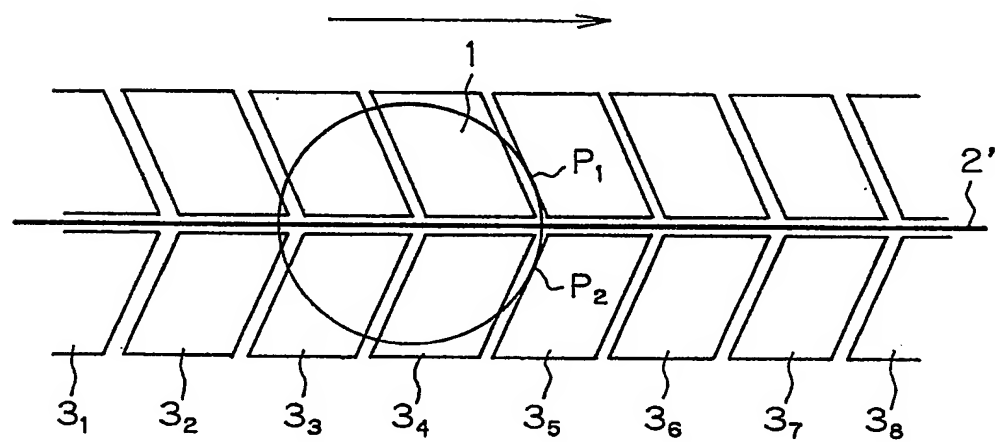


FIG. 14

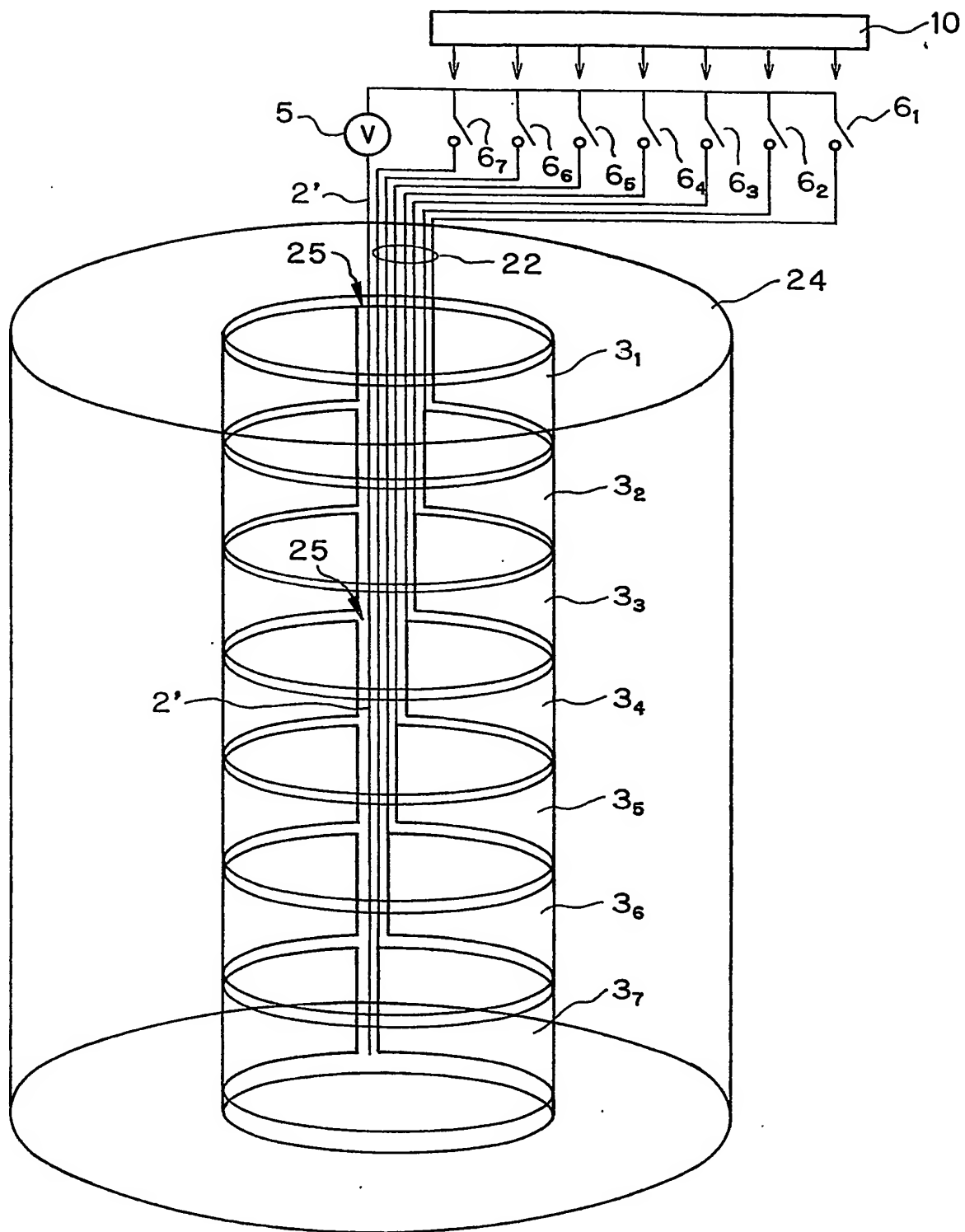


FIG. 15

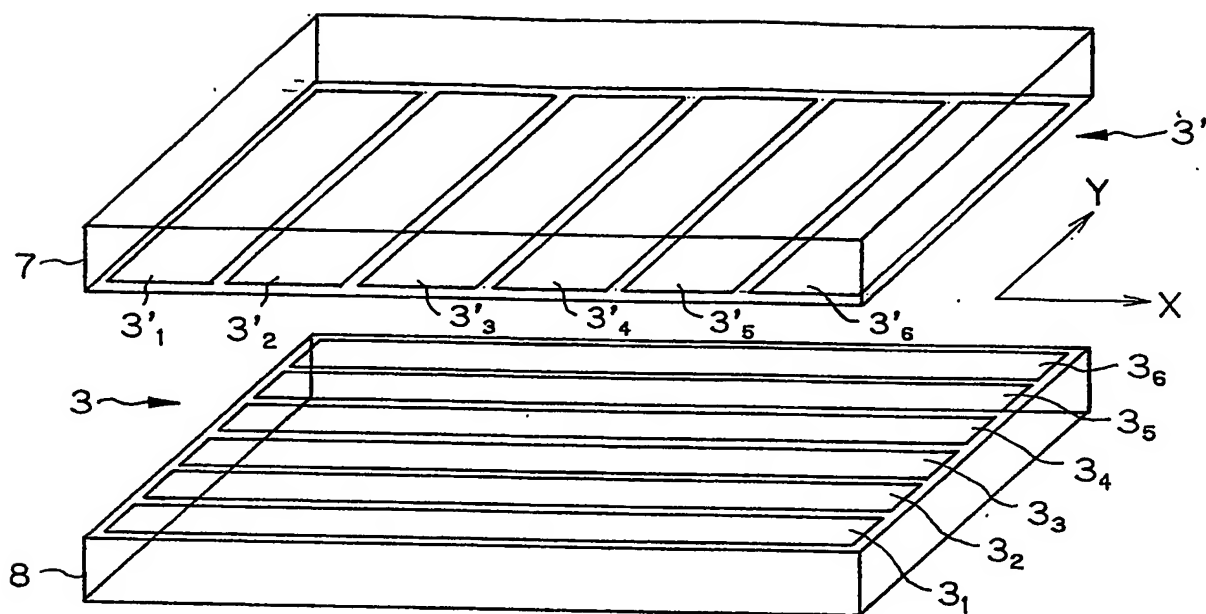


FIG. 16

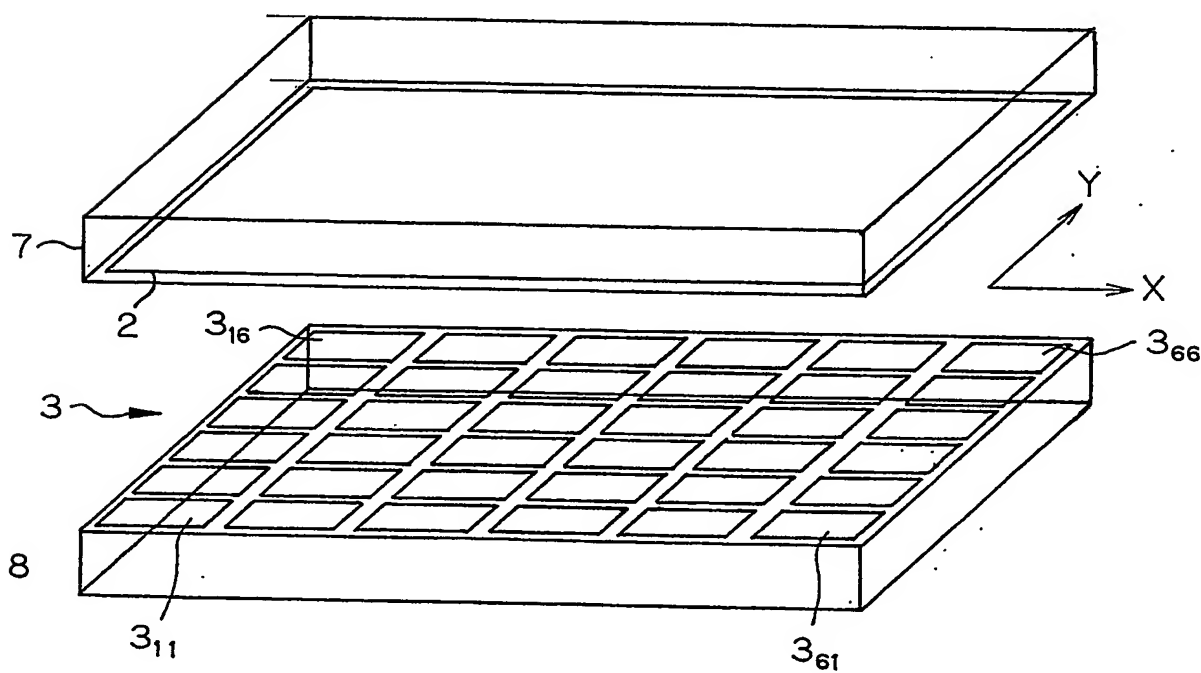


FIG. 17

(a)

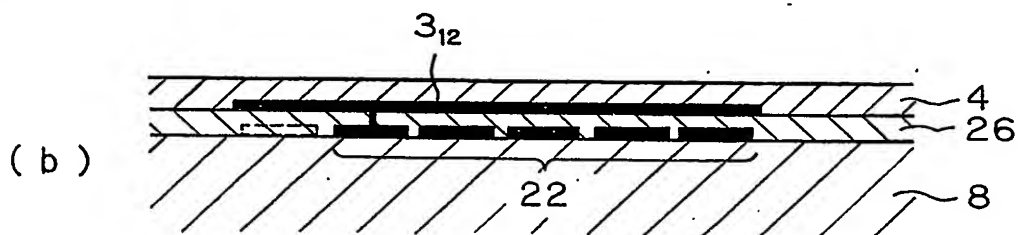
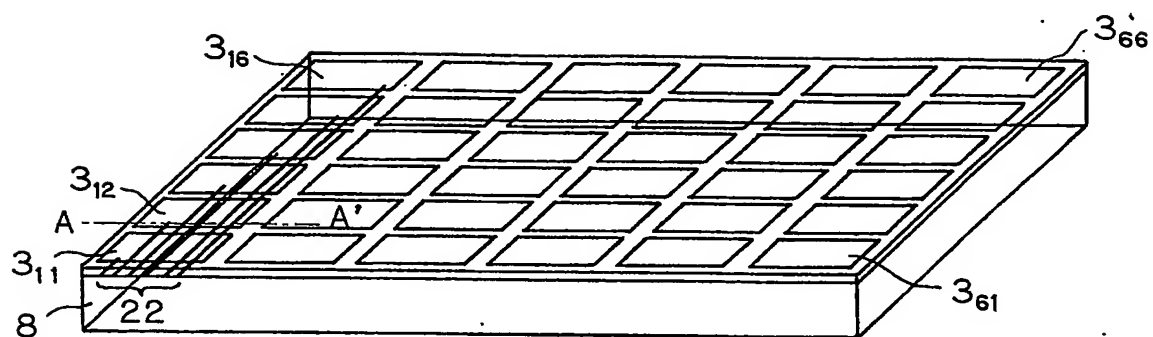


FIG. 18

(a)

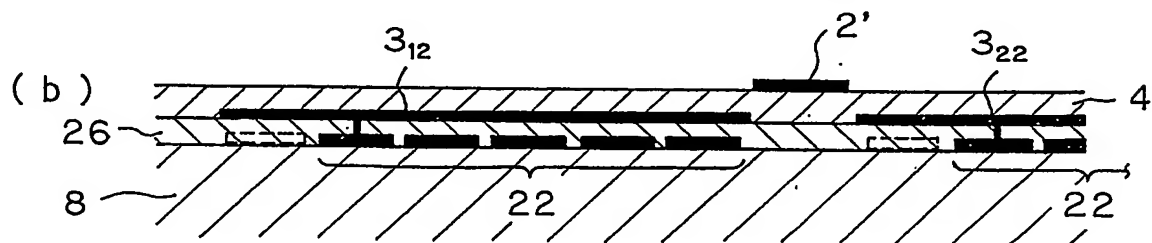
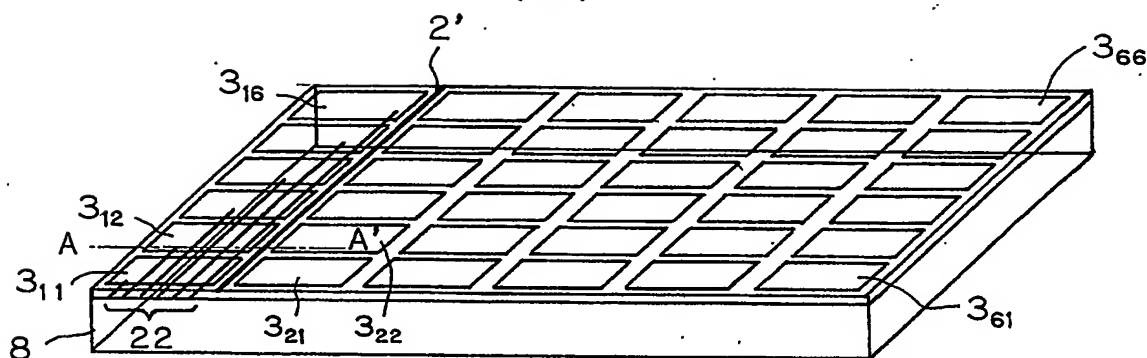


FIG. 19

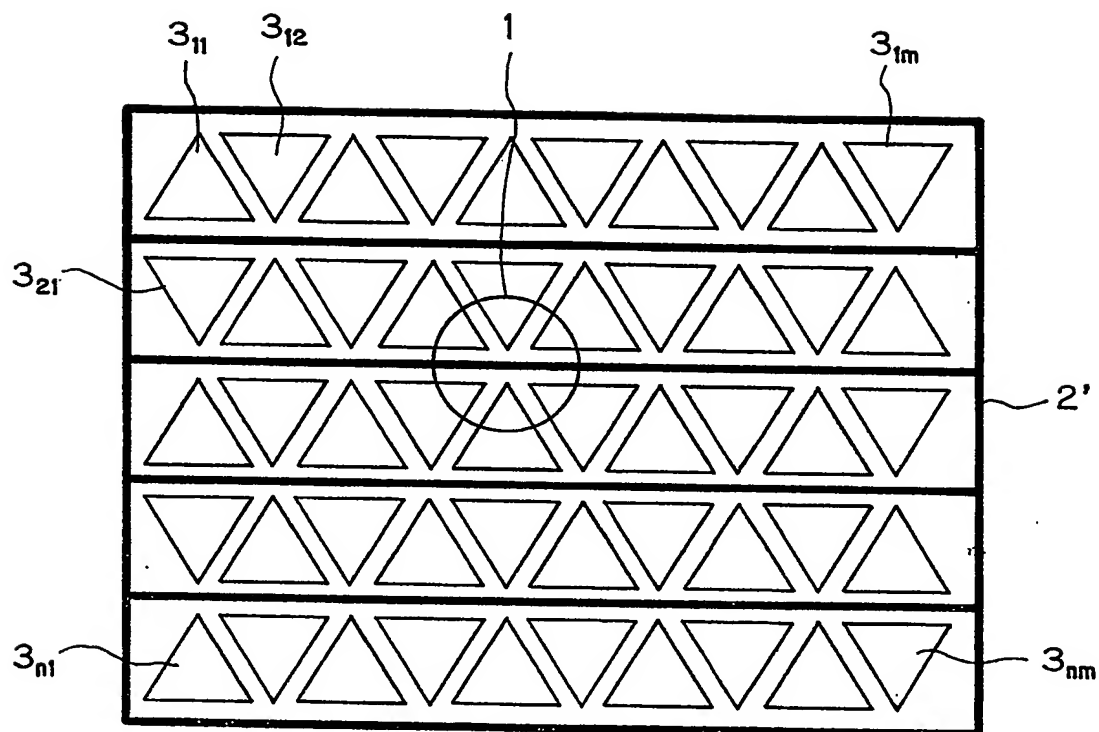


FIG. 20

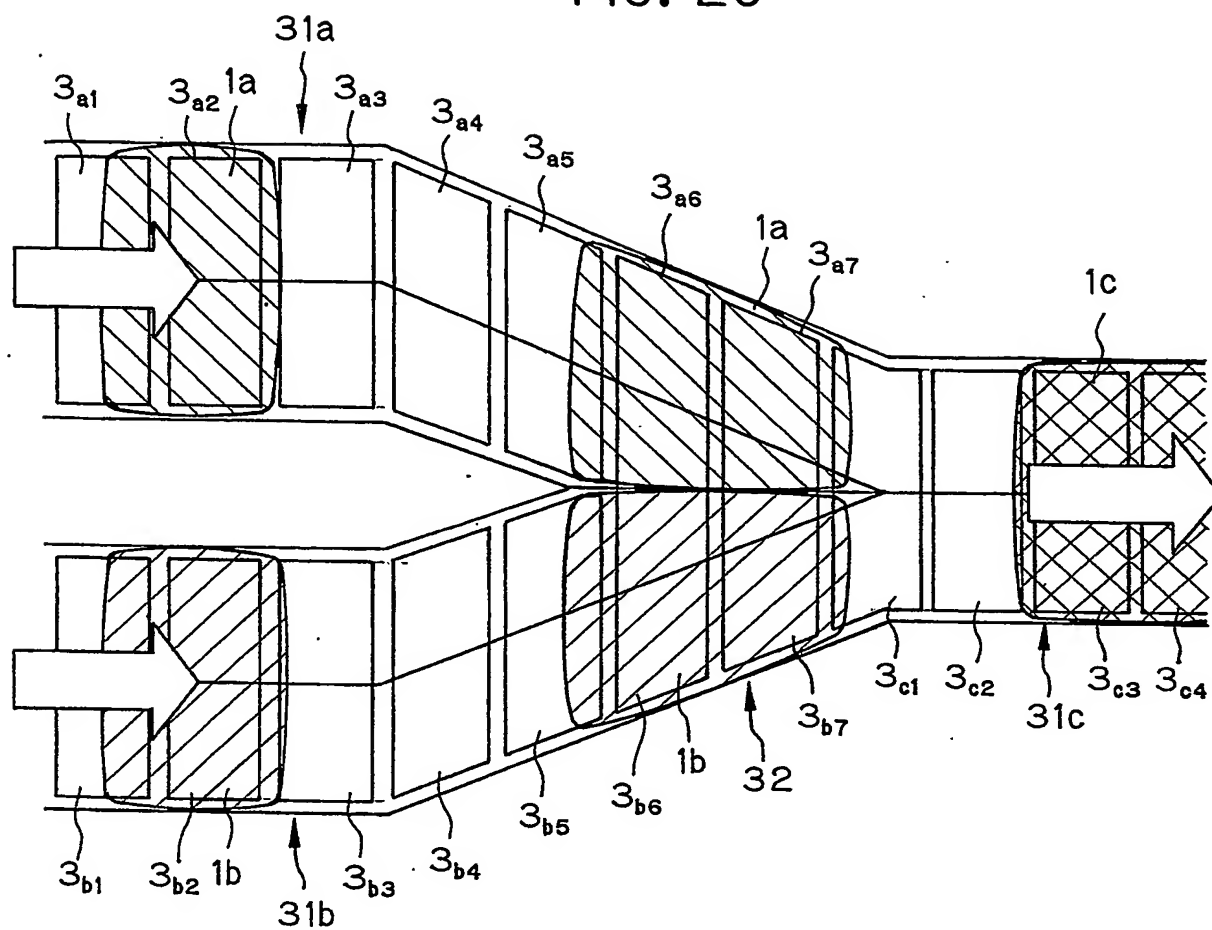


FIG. 21

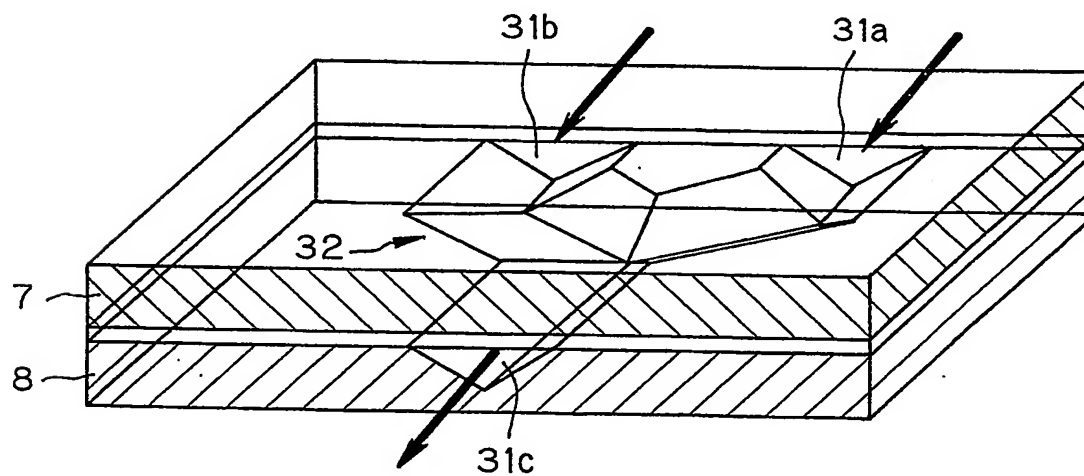




FIG. 22

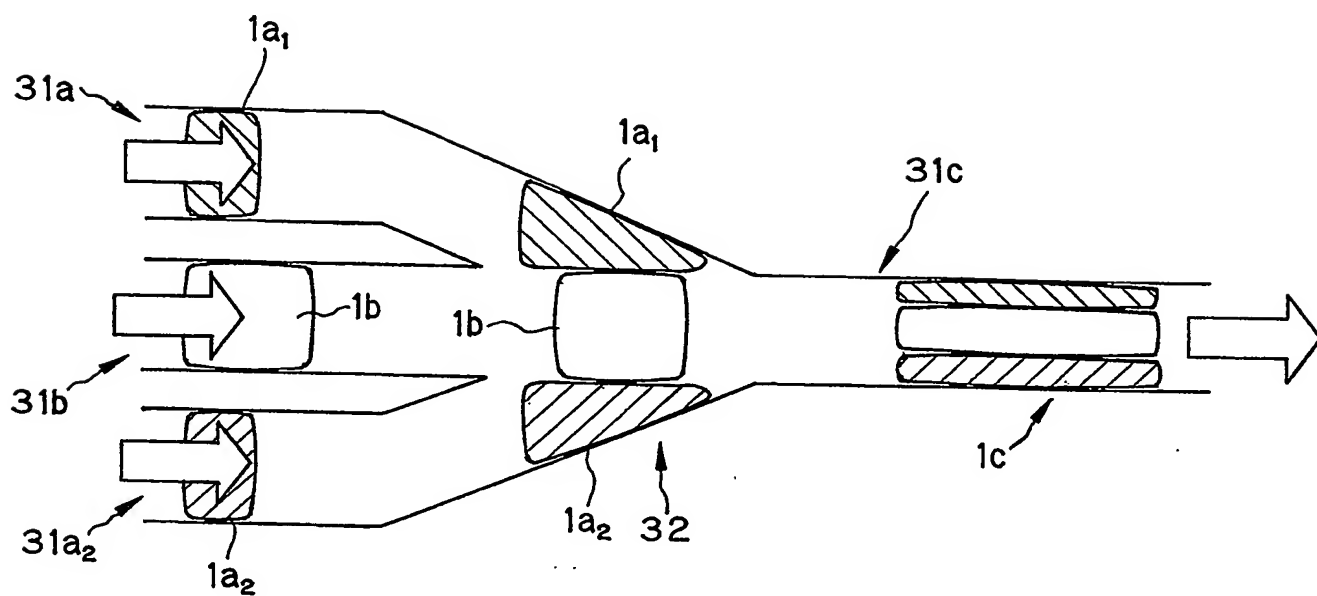


FIG. 23

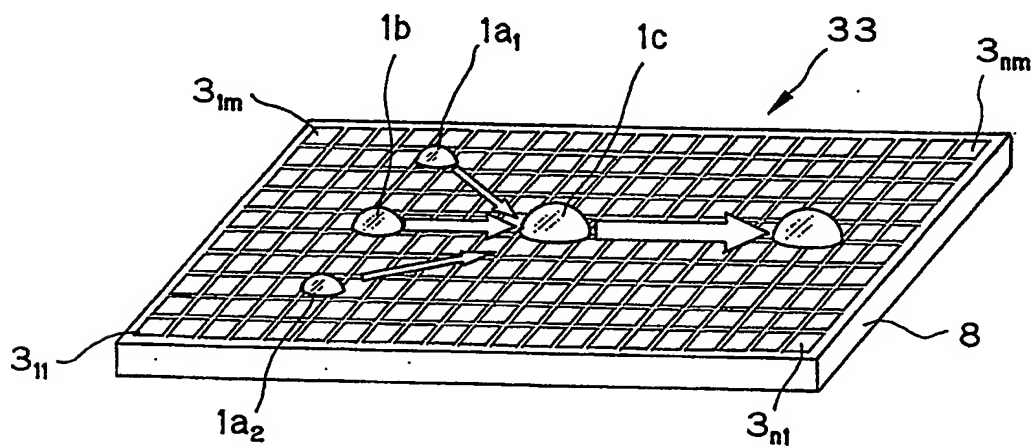


FIG. 24

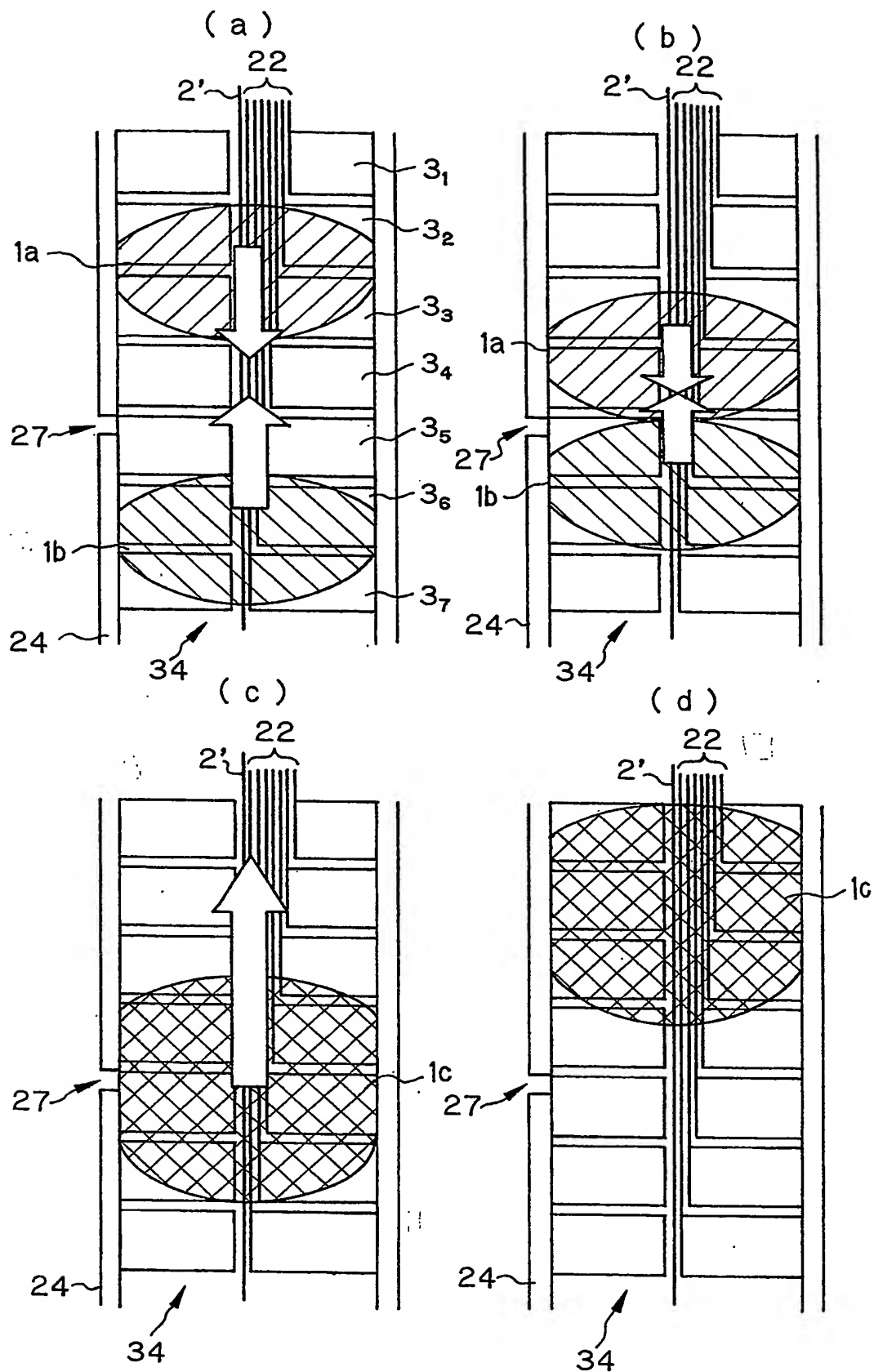


FIG. 25

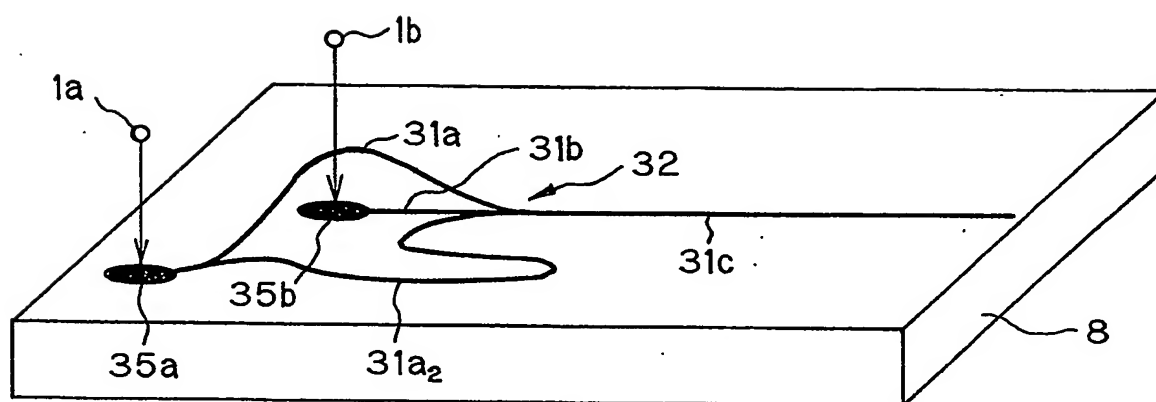


FIG. 26

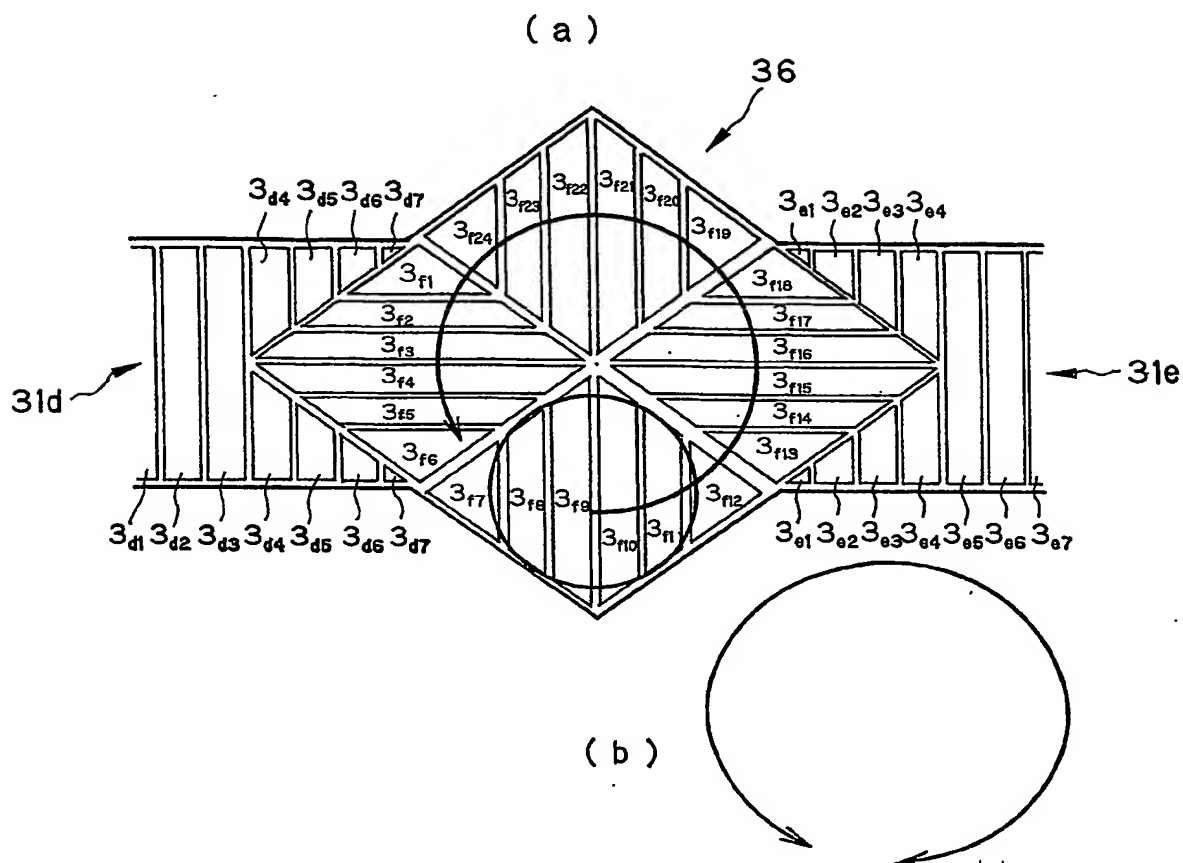


FIG. 27

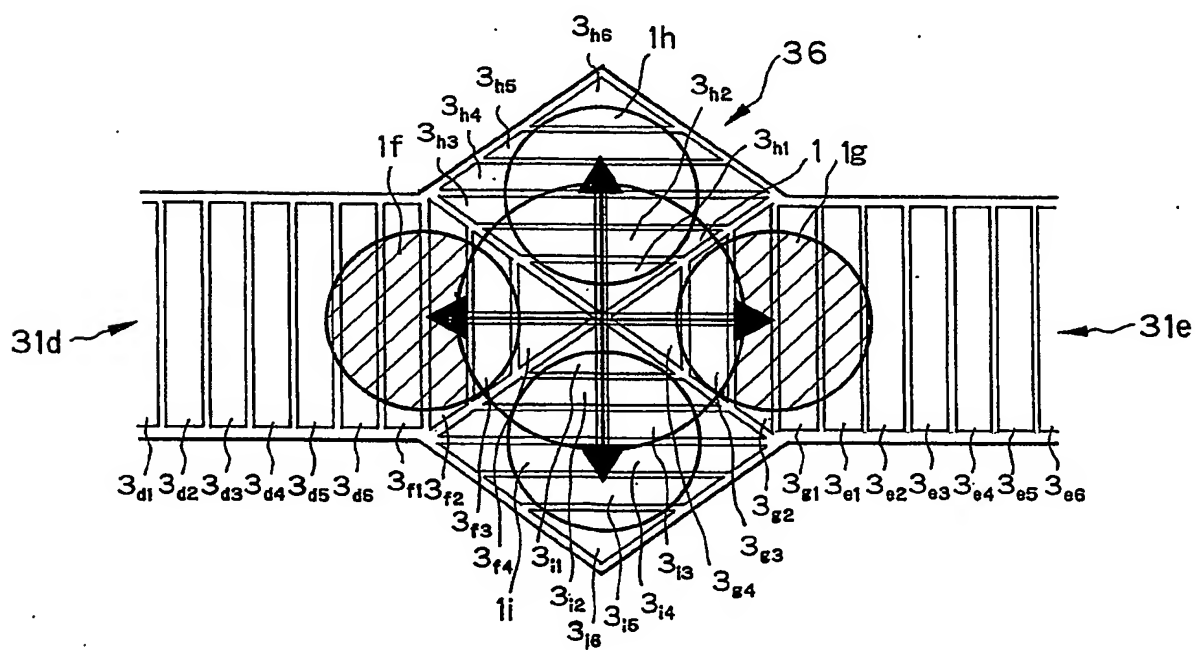


FIG. 28

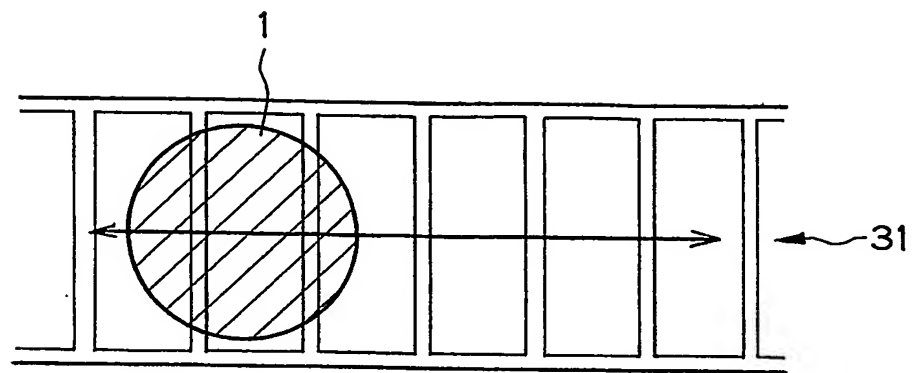


FIG. 29

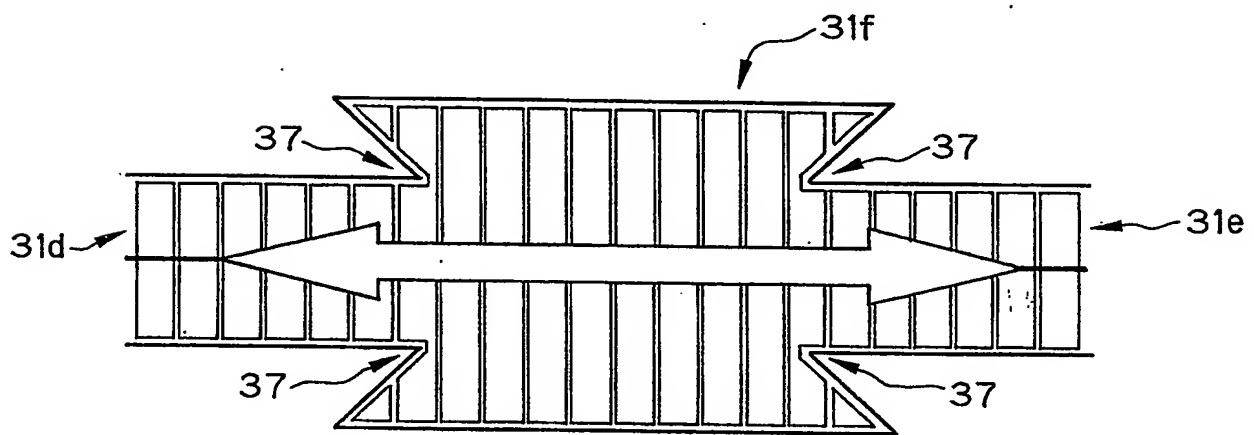


FIG. 30

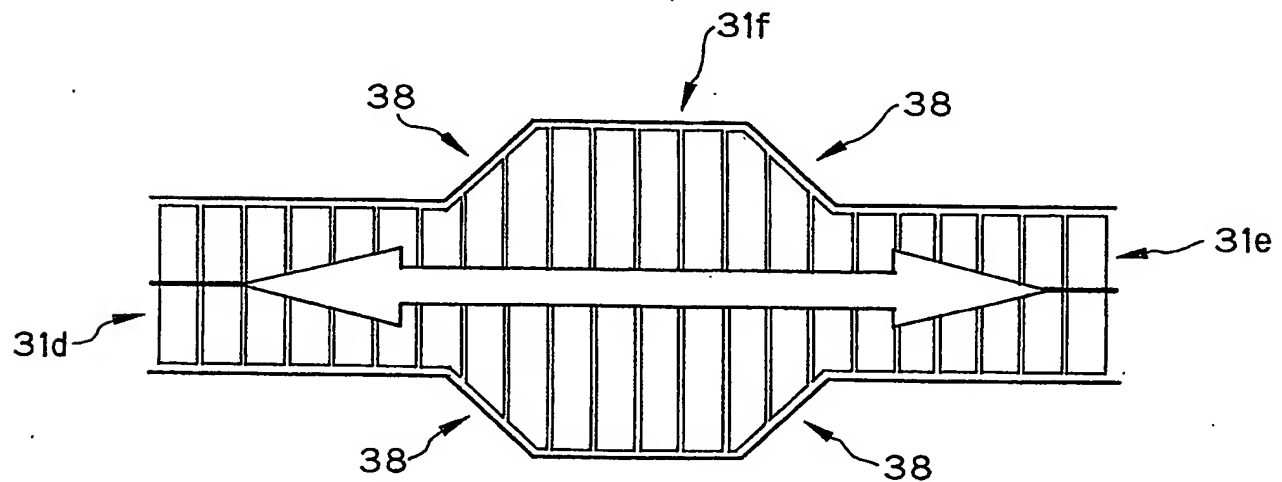


FIG. 31

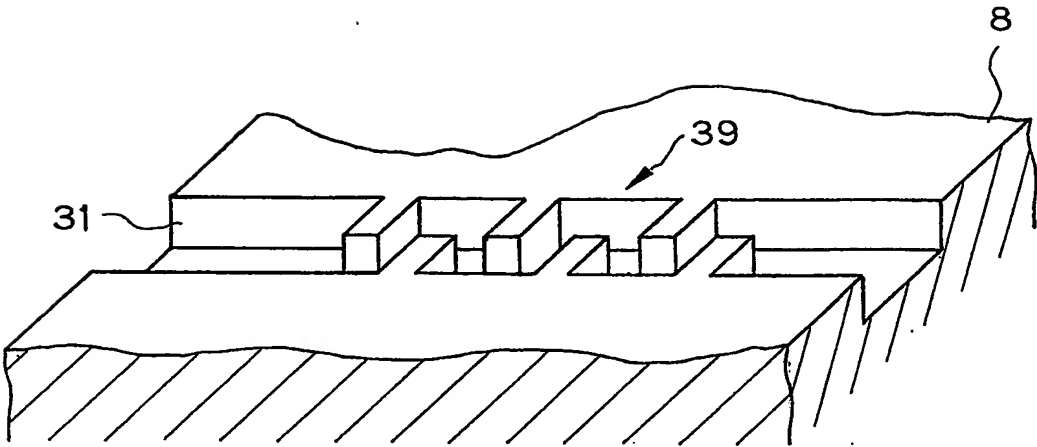


FIG. 32

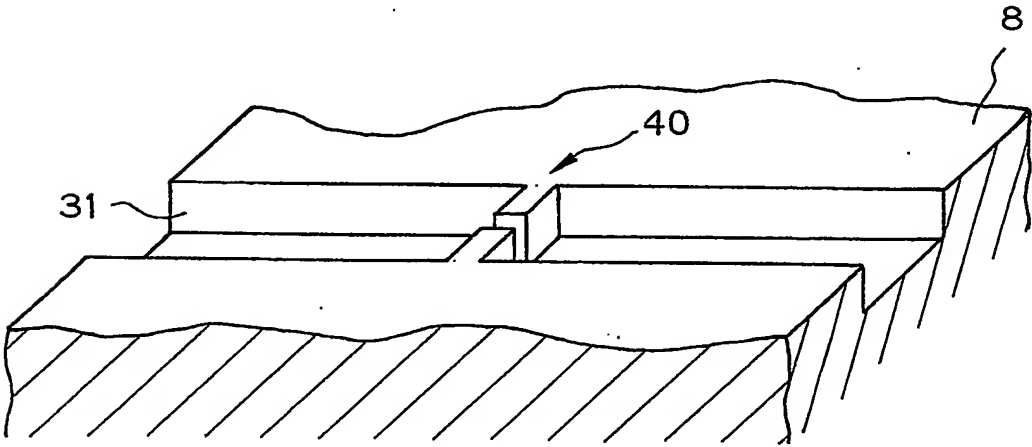


FIG. 33

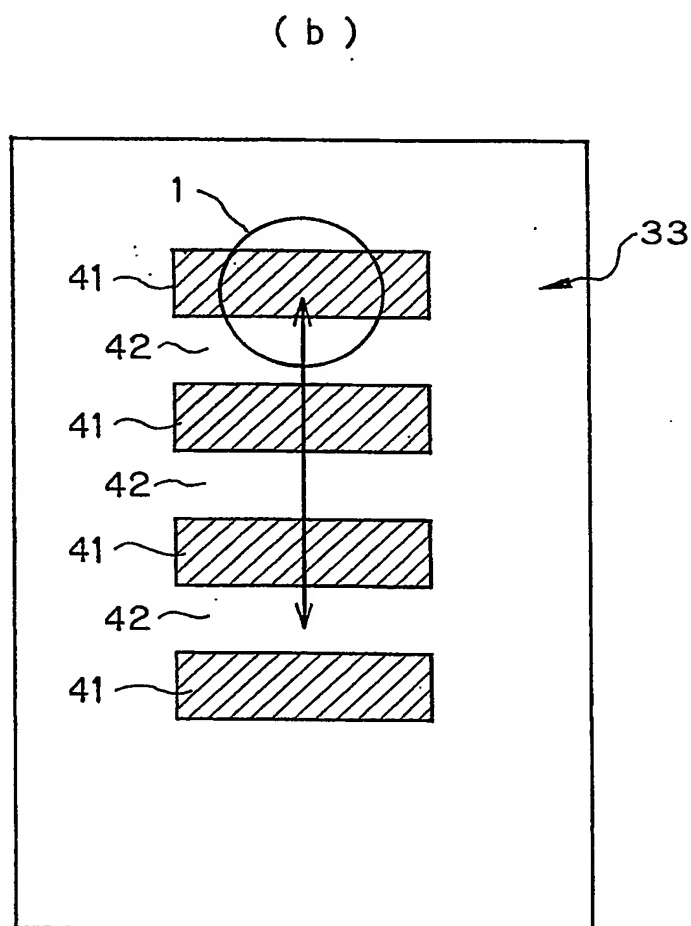
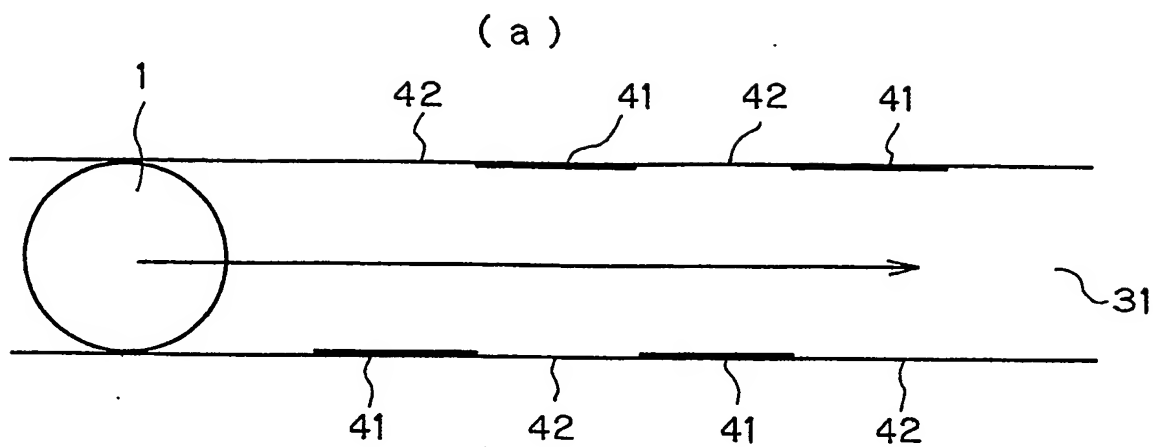


FIG. 34

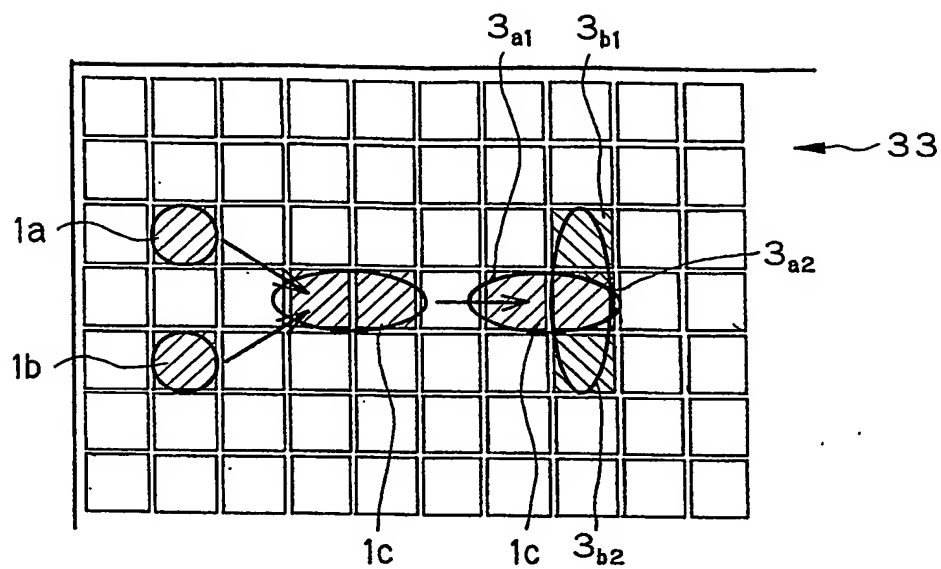


FIG. 35

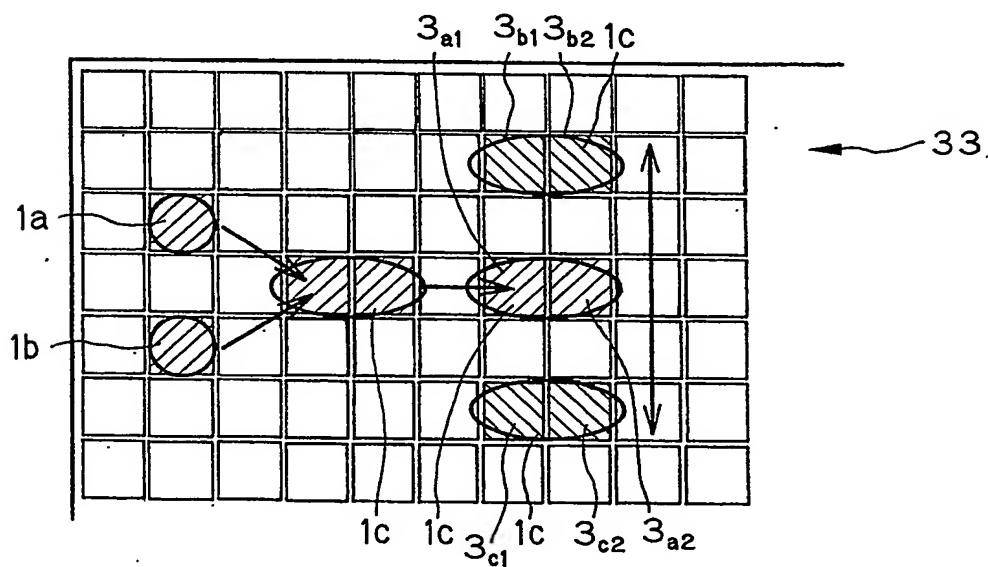




FIG. 36

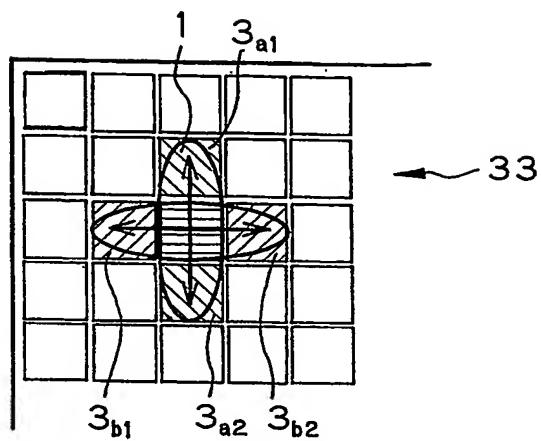
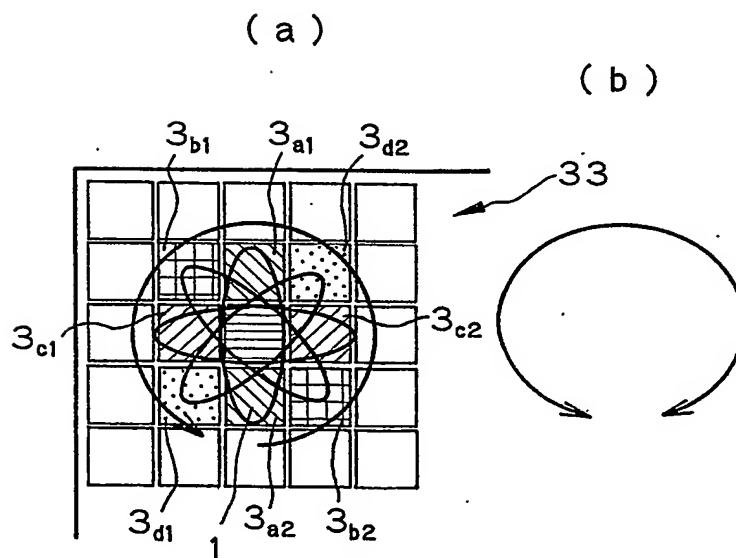
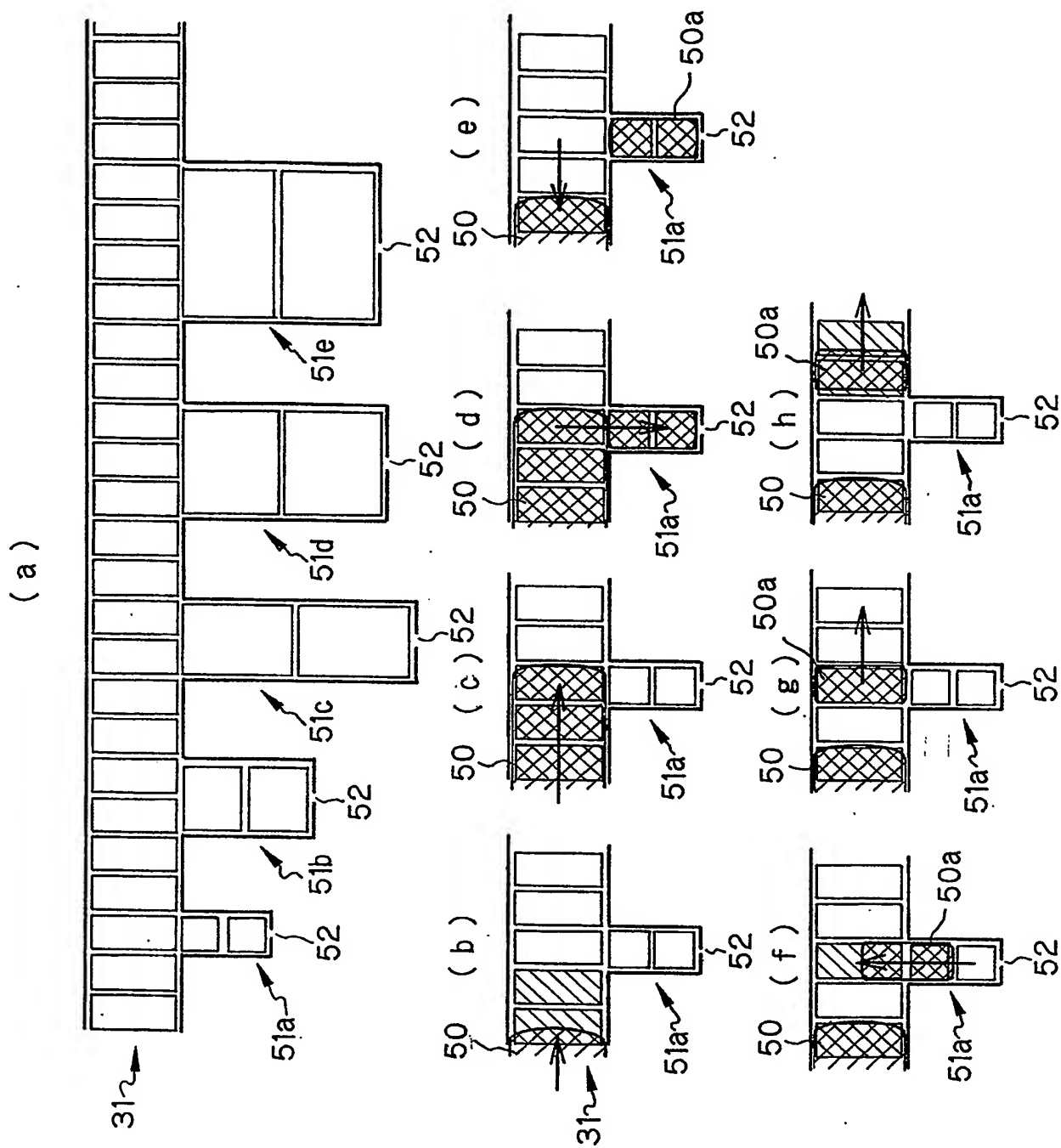


FIG. 37





**FIG. 38**

FIG. 39

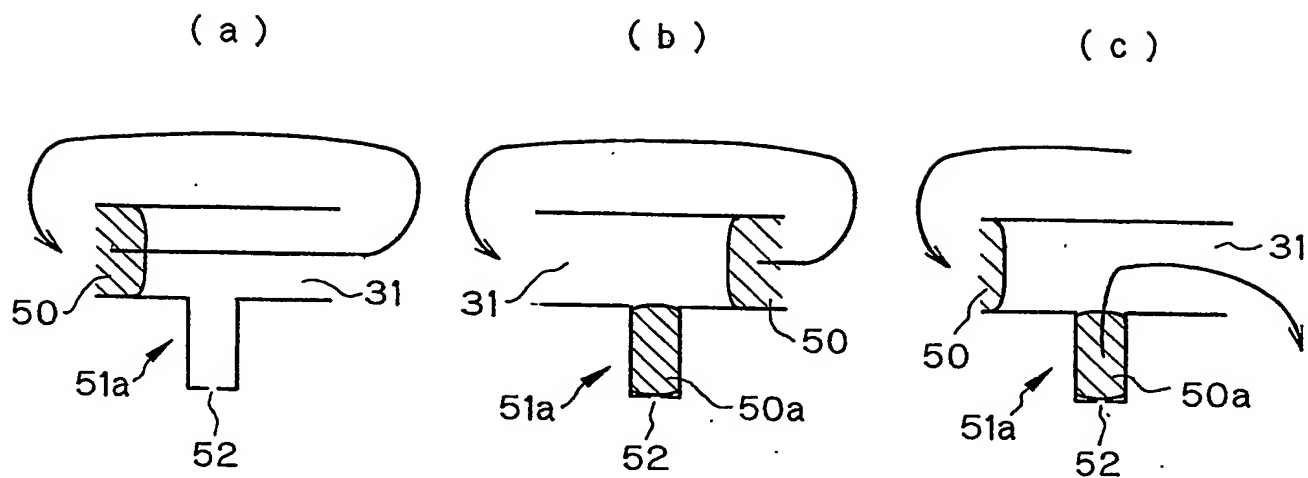


FIG. 40

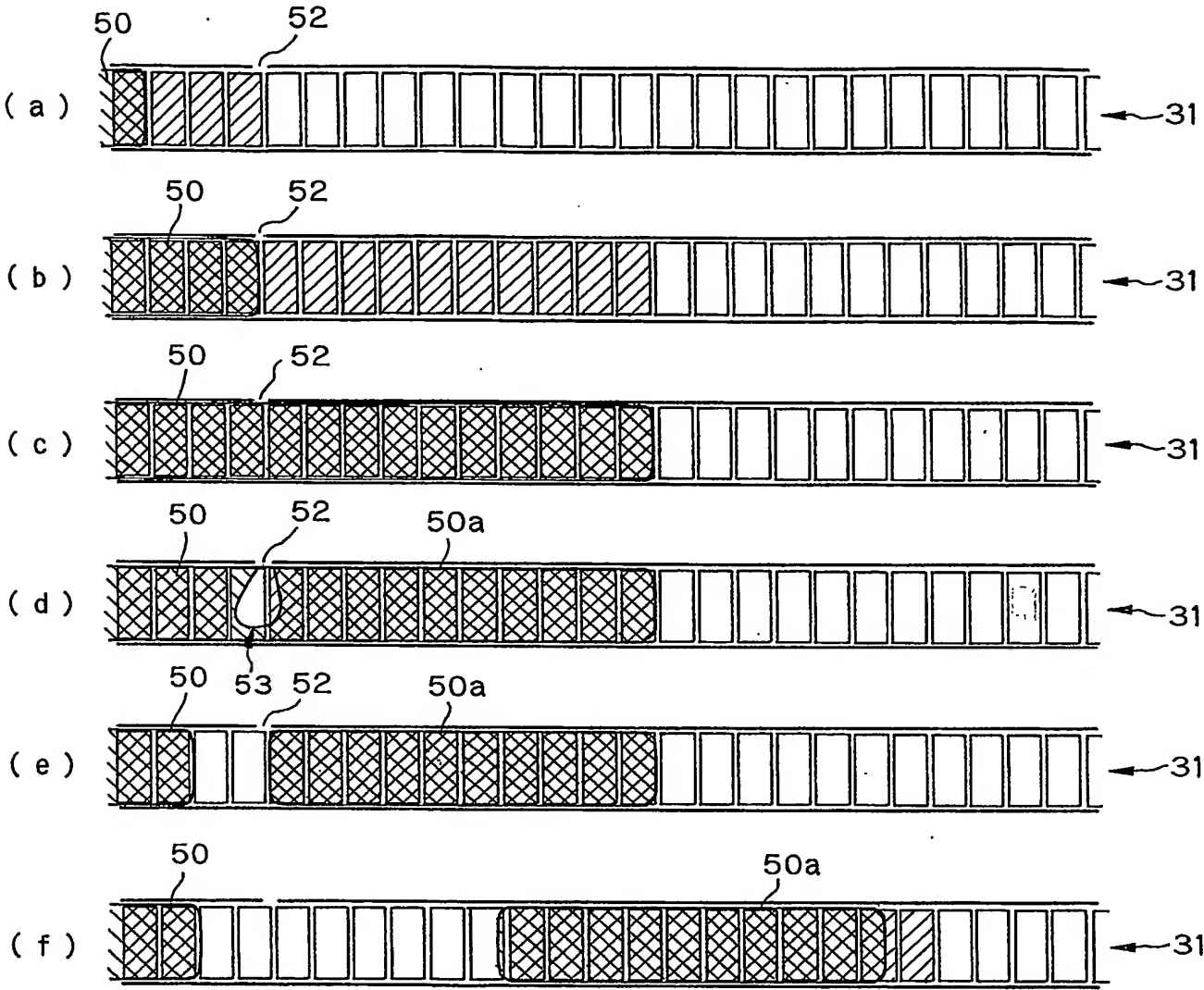


FIG. 41

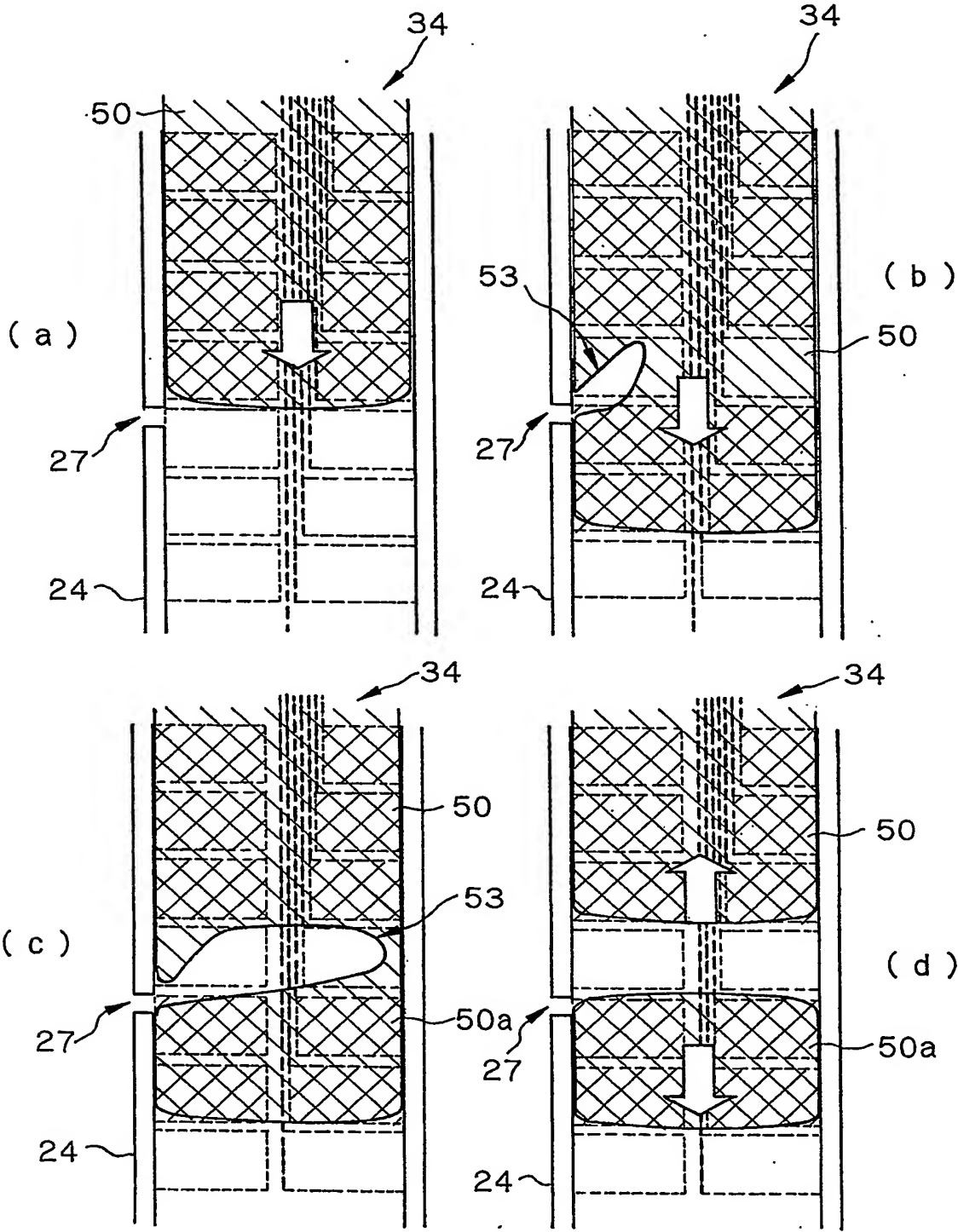


FIG. 42

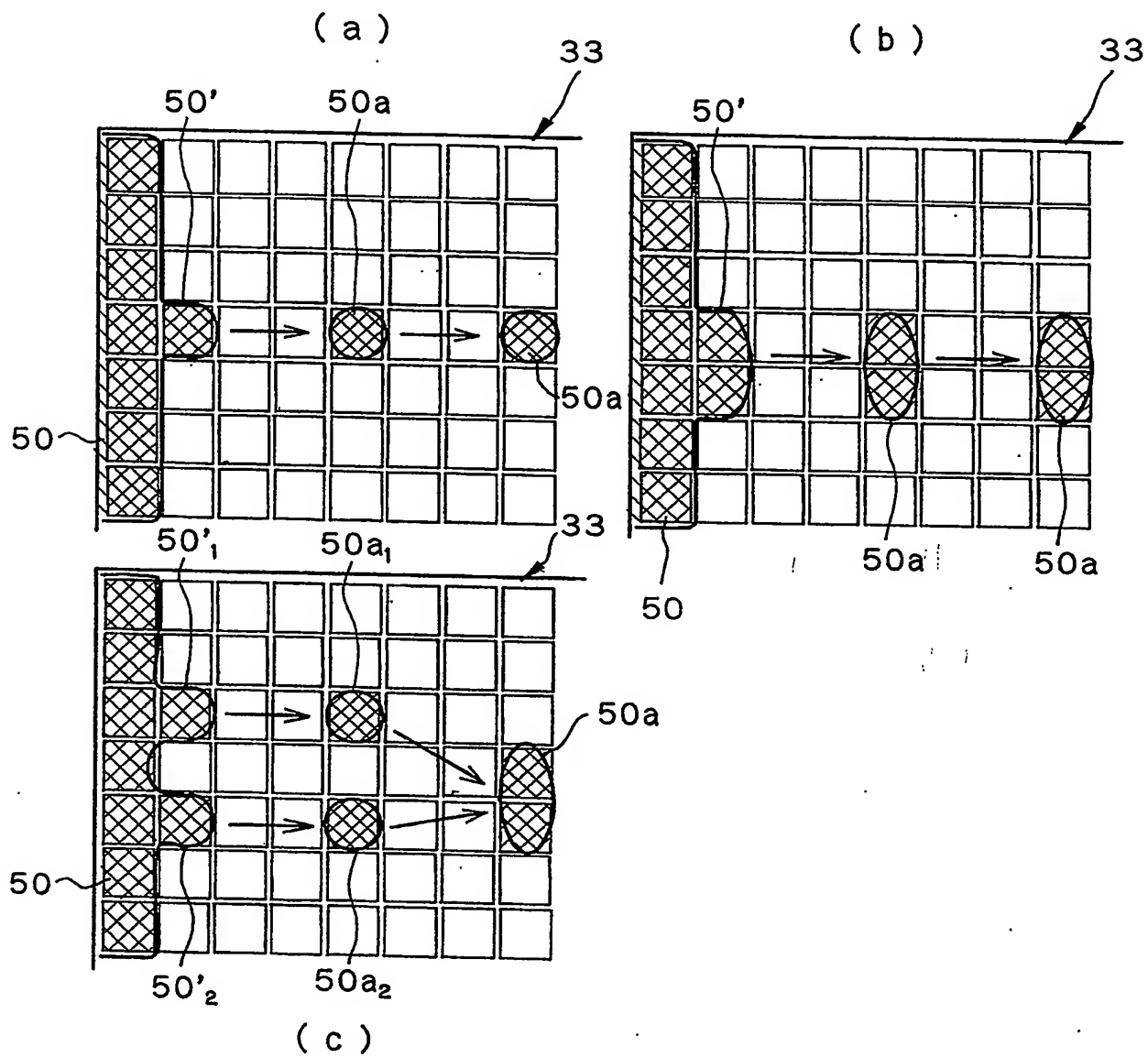


FIG. 43

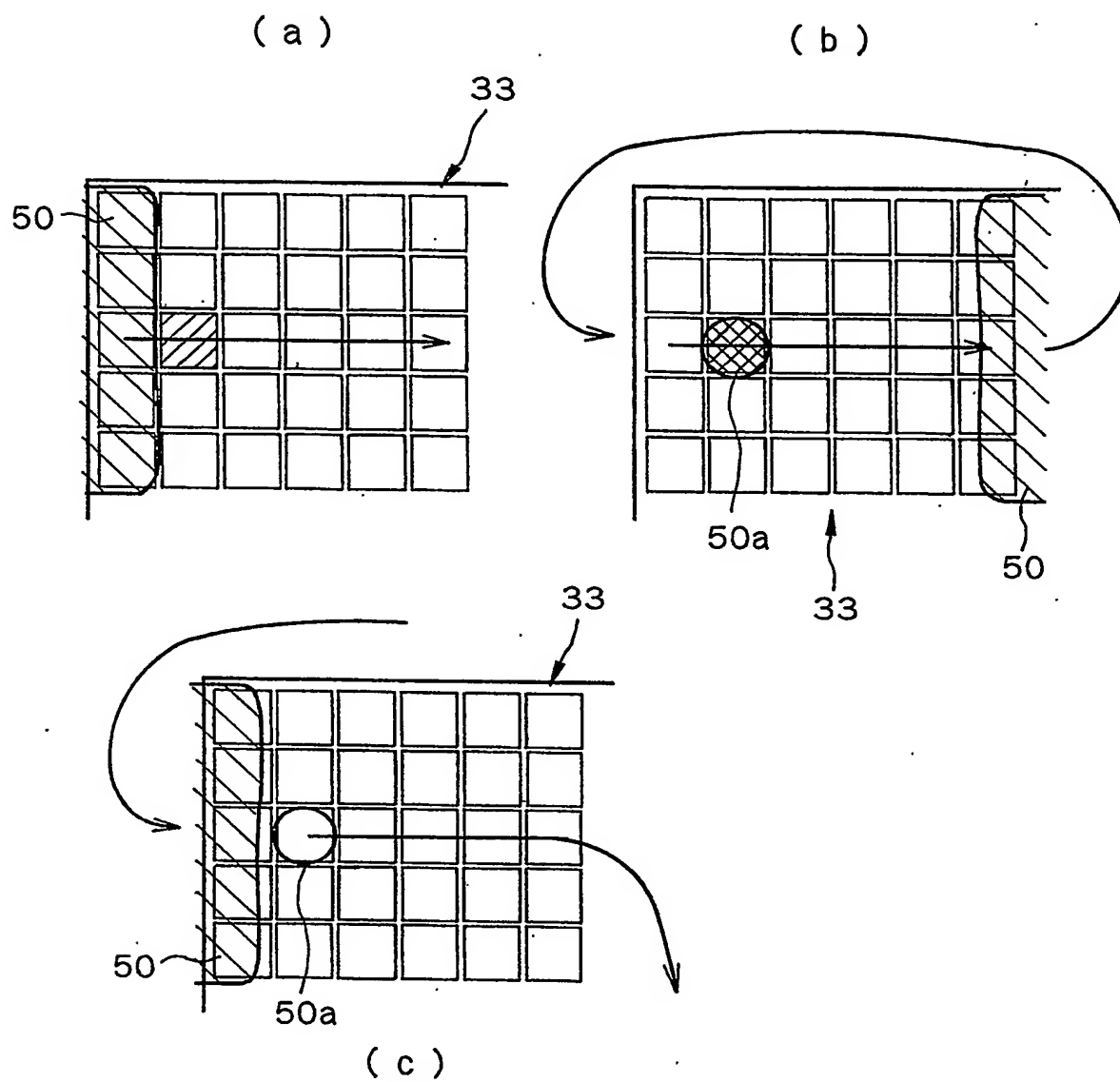


FIG. 44

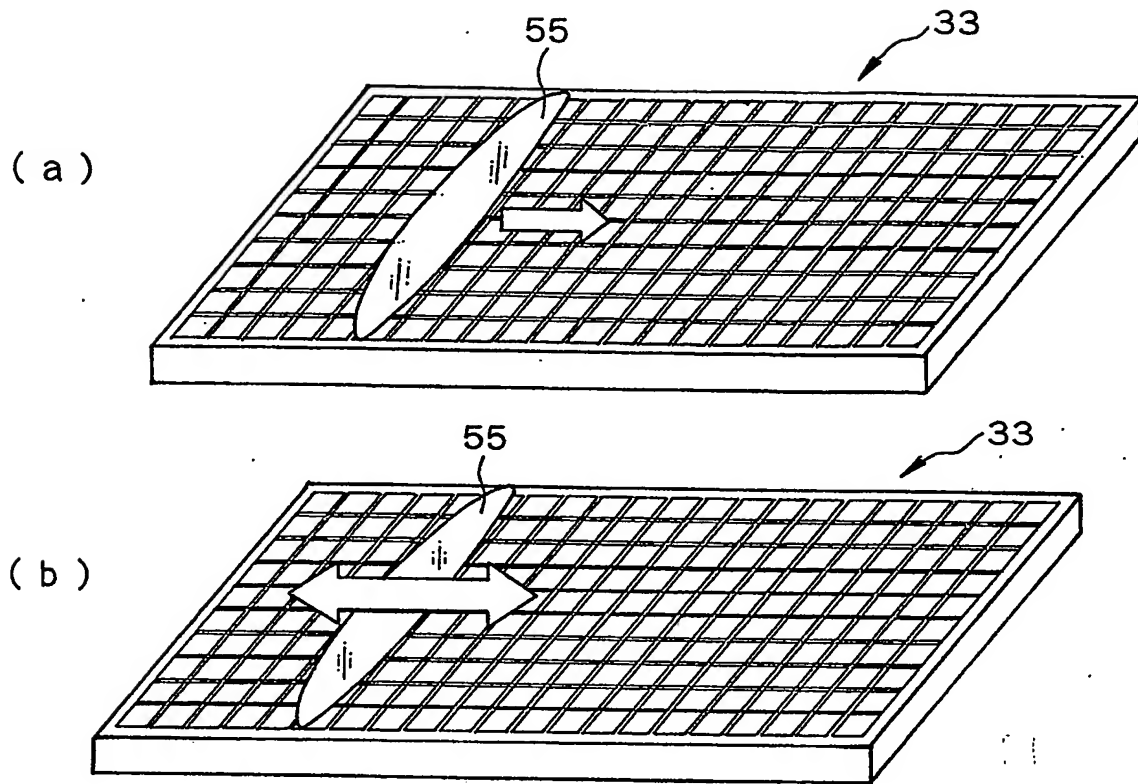


FIG. 45

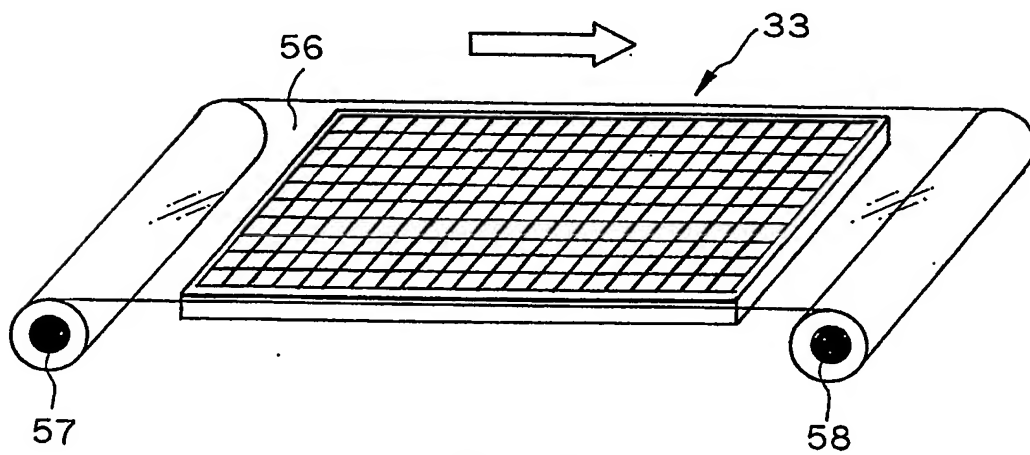




FIG. 46

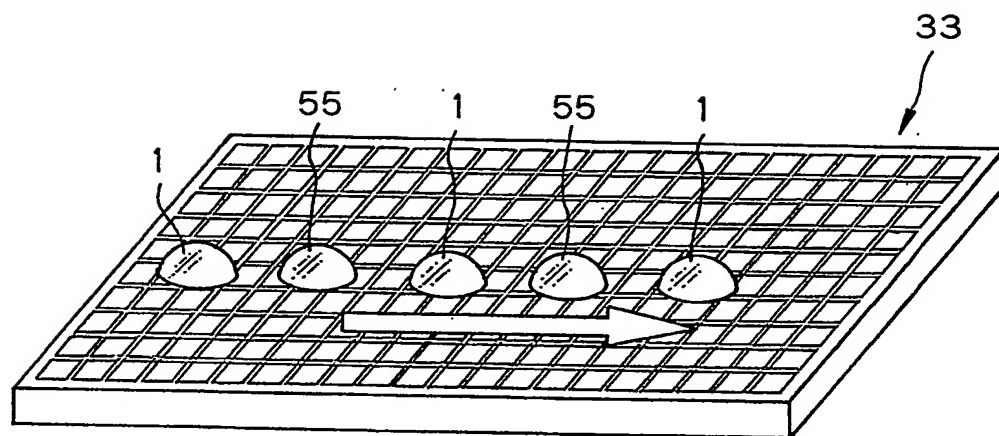
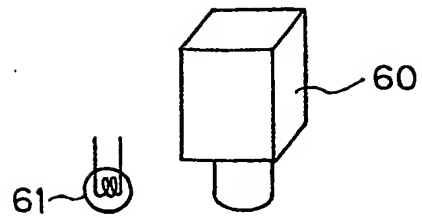
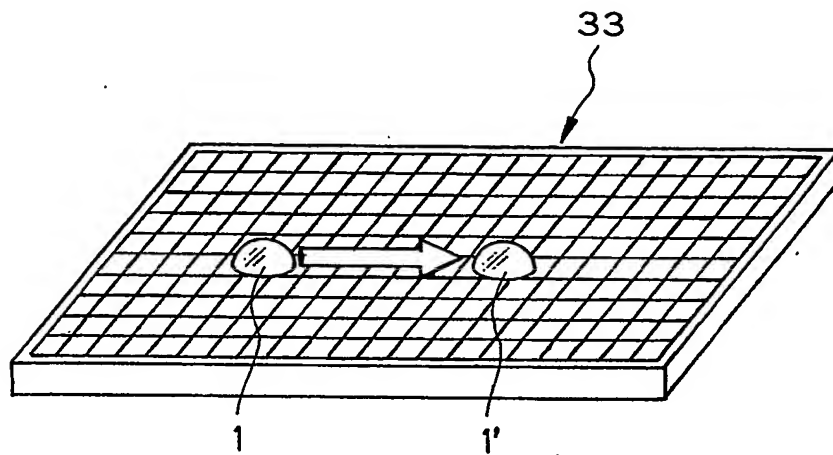


FIG. 47



( a )



( b )

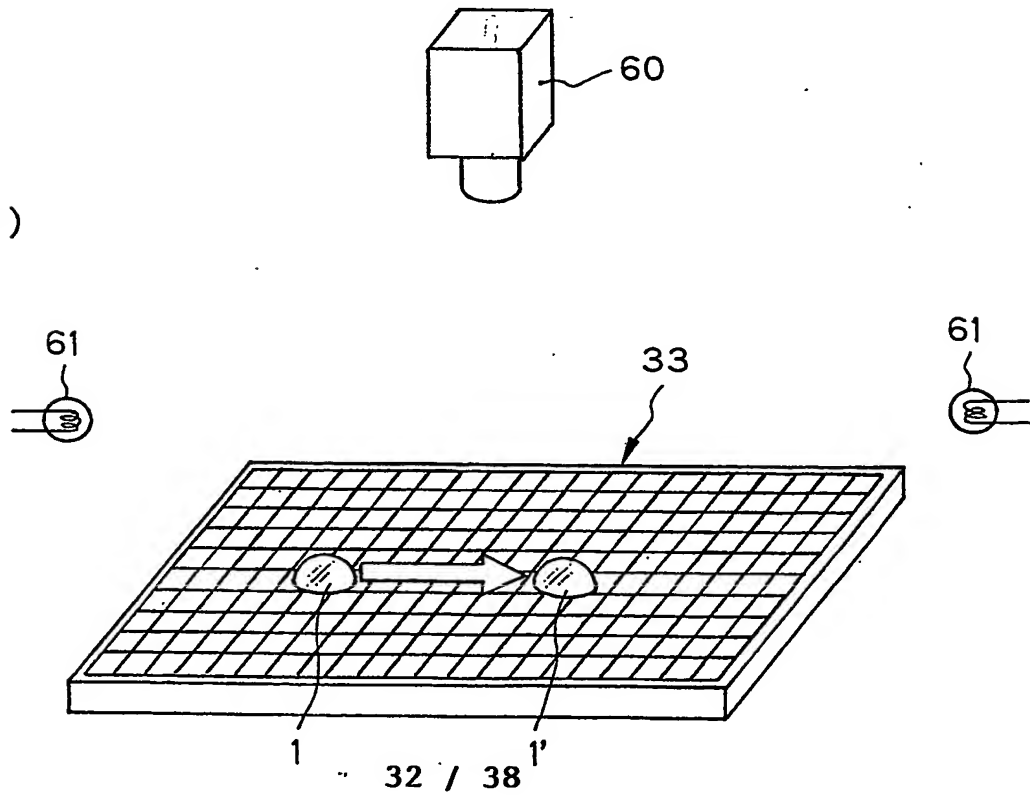
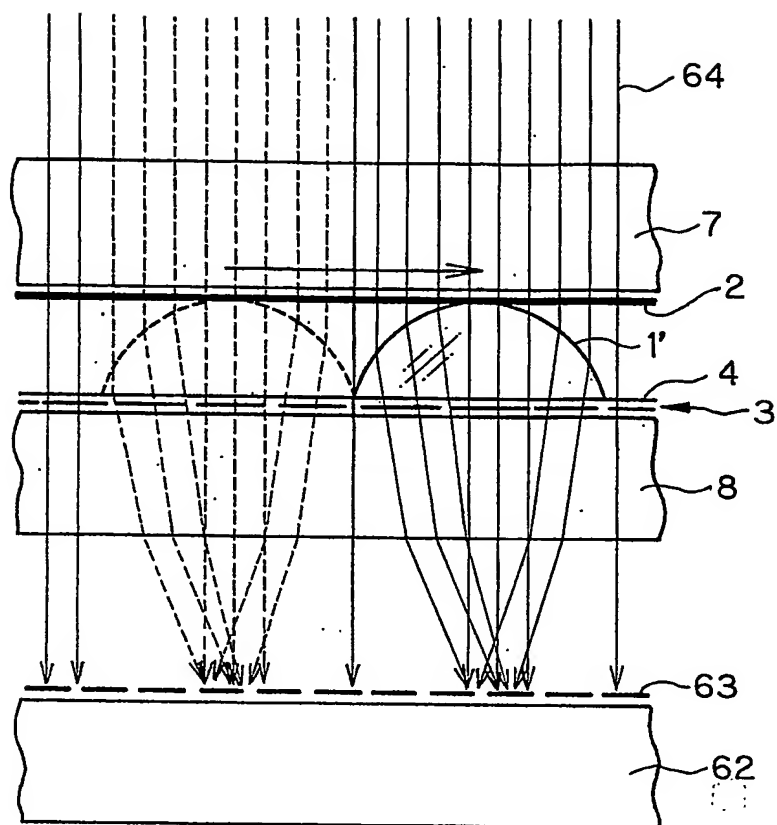


FIG. 48

( a )



( b )

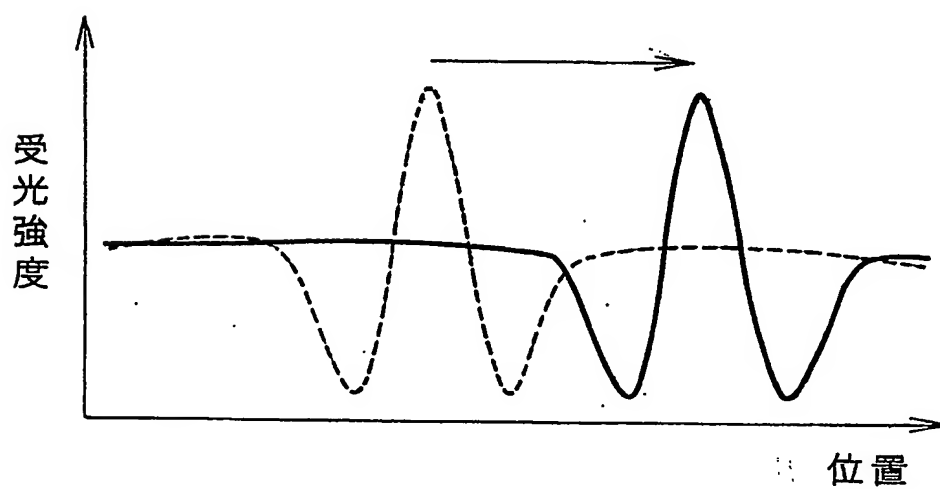


FIG. 49

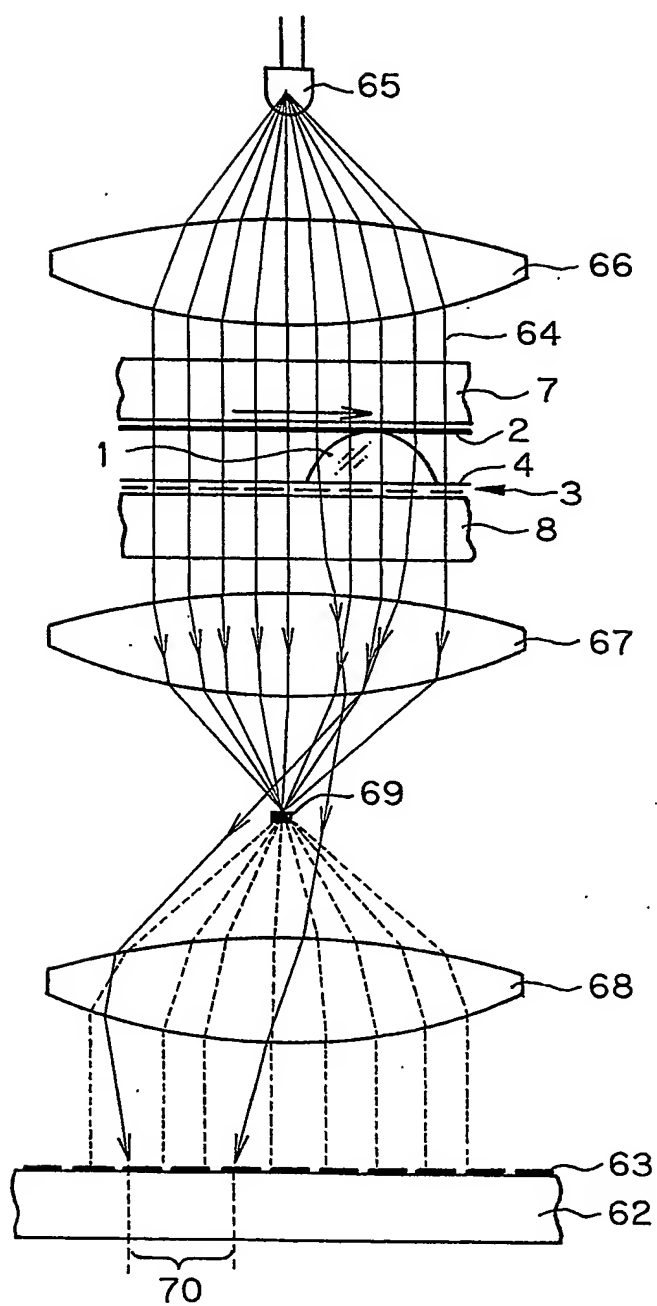
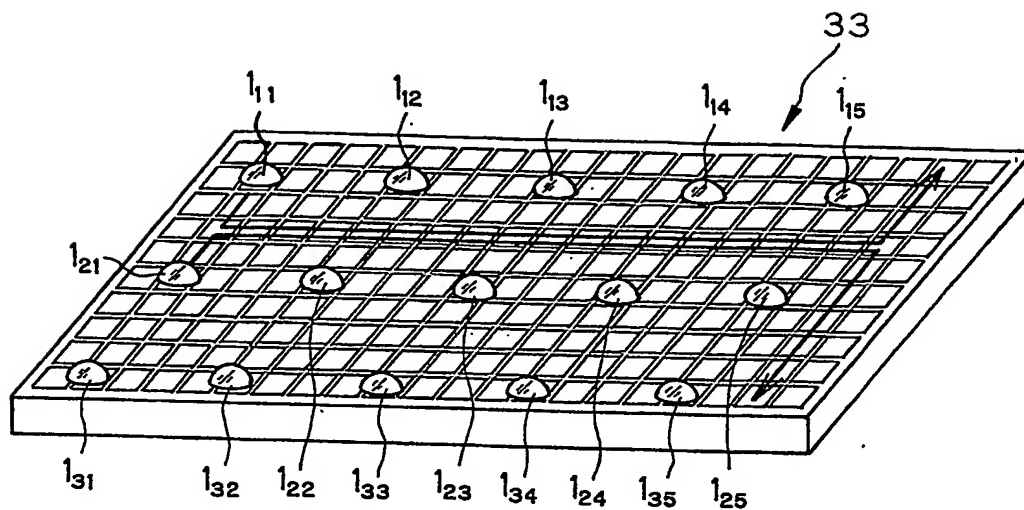


FIG. 50

( a )



( b )

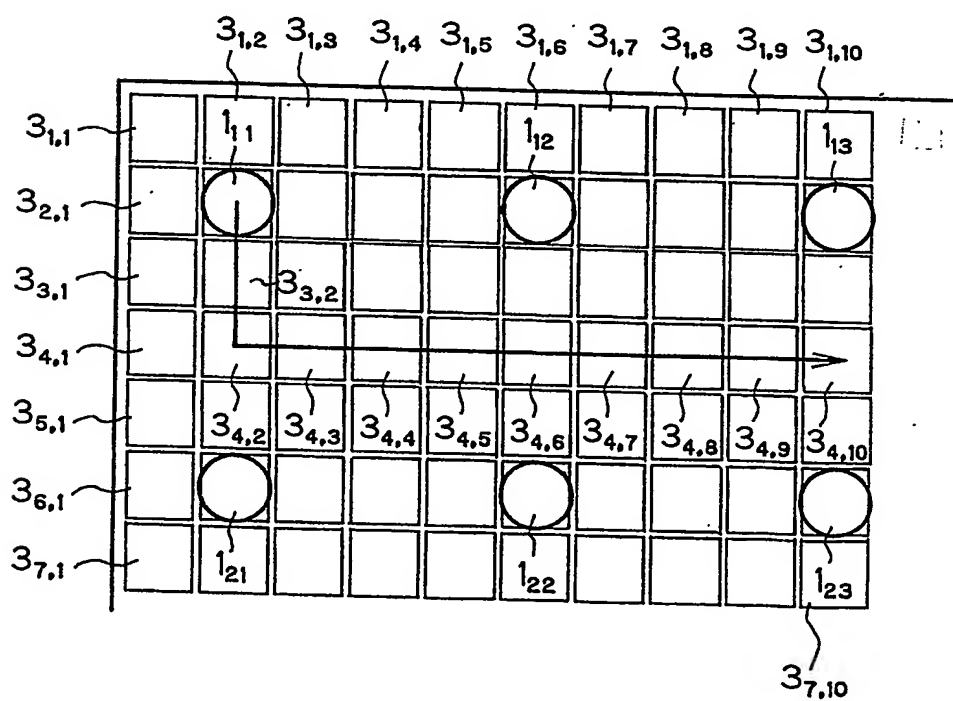


FIG. 51

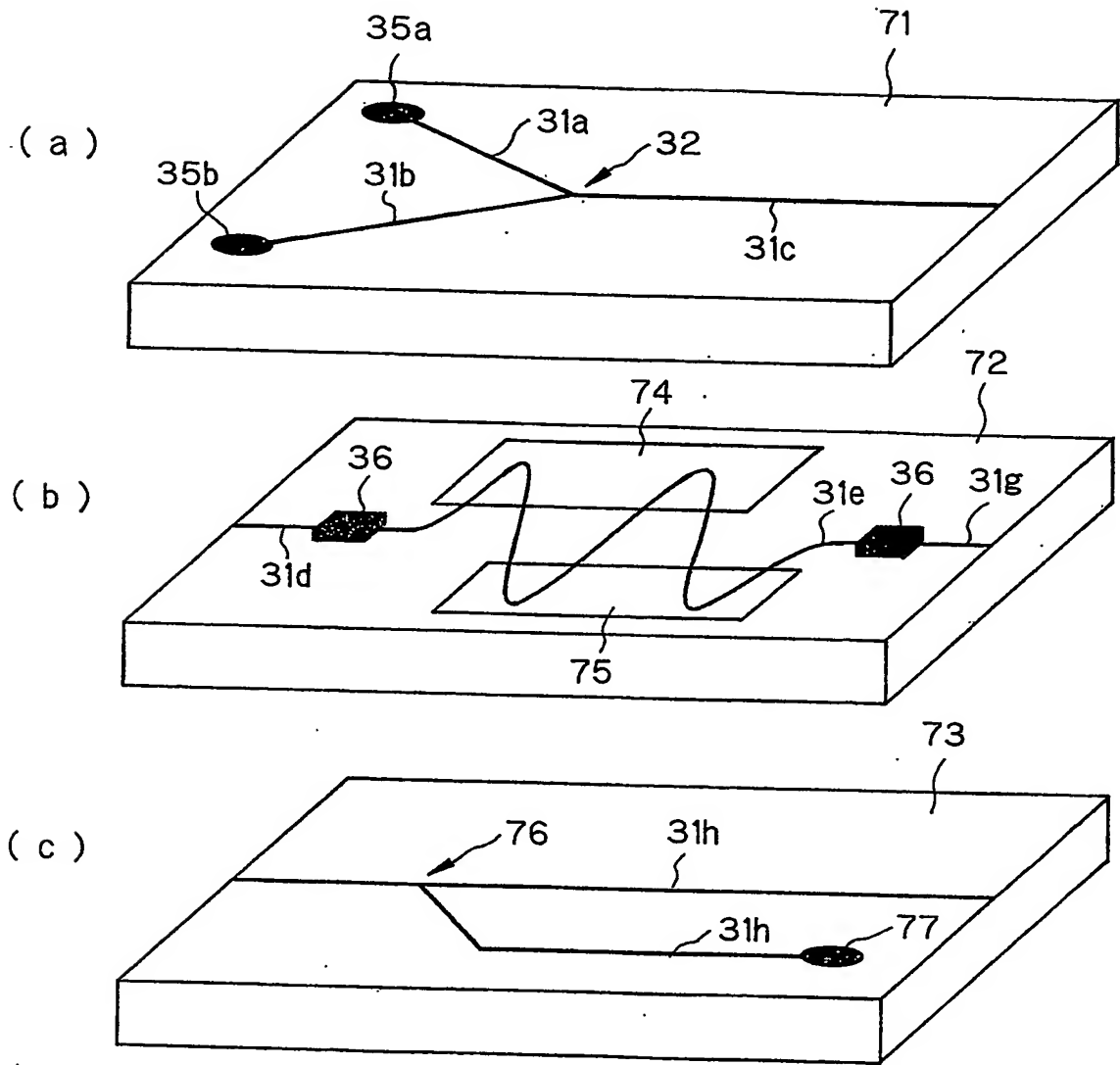
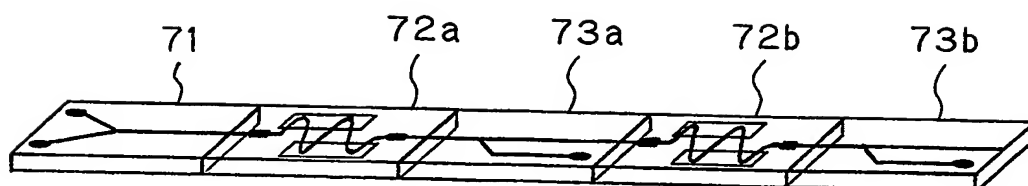


FIG. 52

( a )



( b )

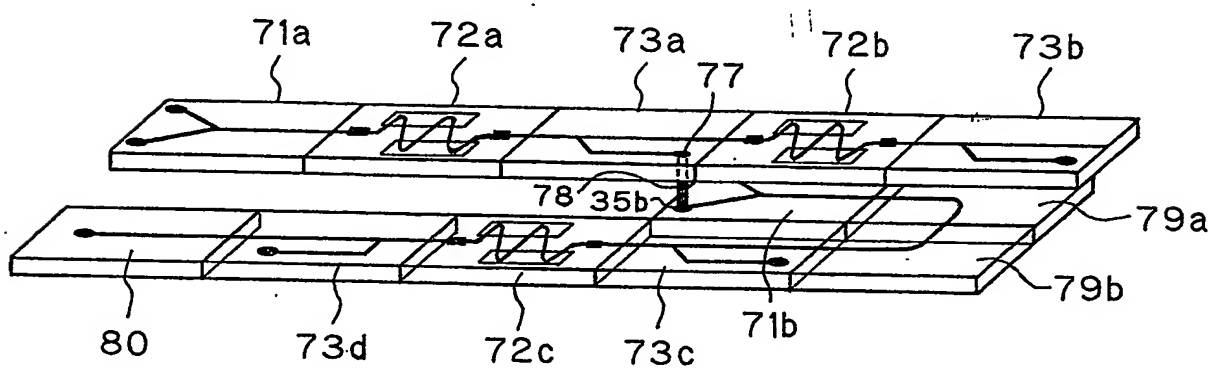
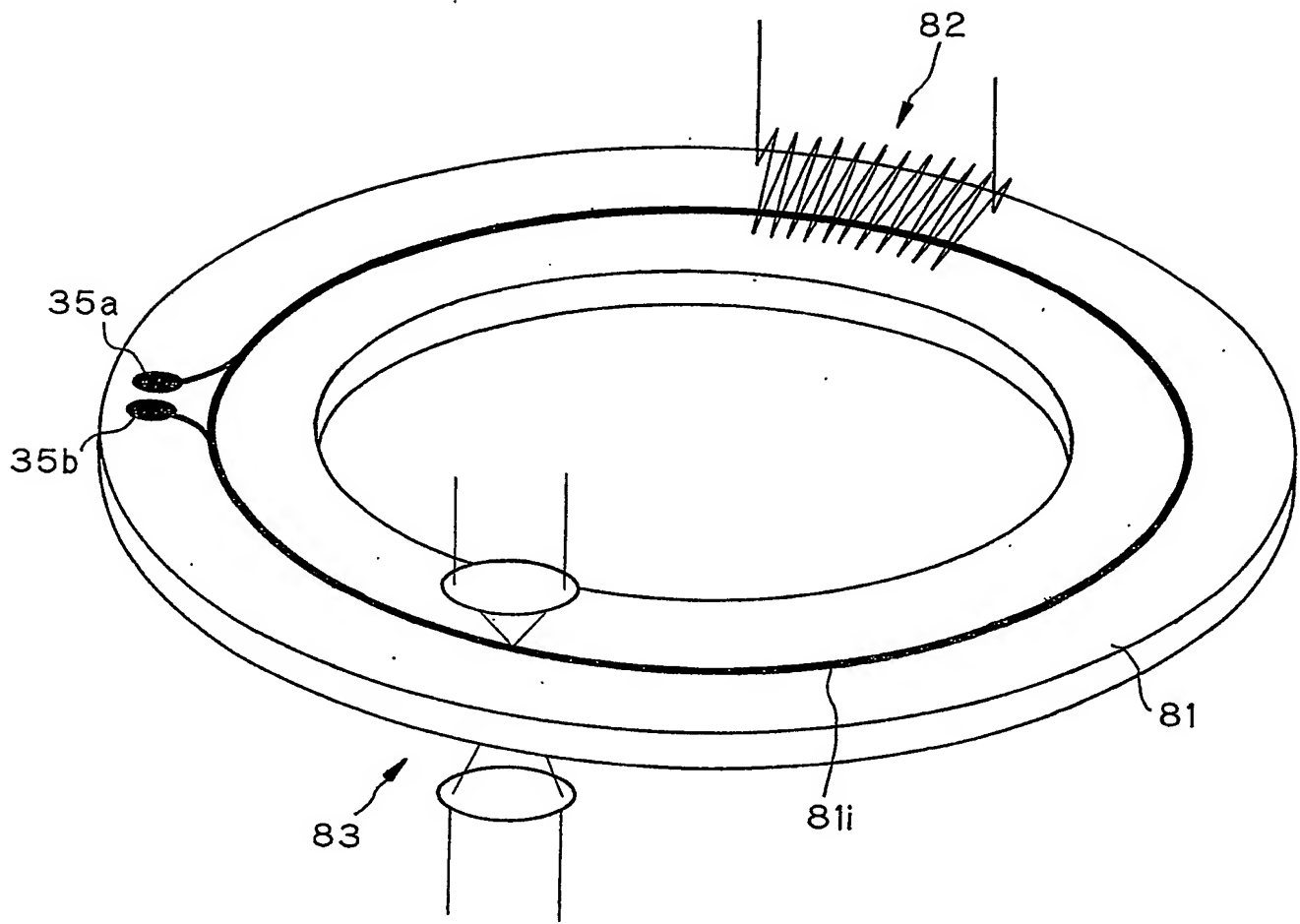


FIG. 53





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/008840

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G01N1/00, G01N35/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G01N1/00, G01N35/08, G01N37/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y/A	WO 2002/066992 A (Japan Science and Technology Corp.), 29 August, 2002 (29.08.02), All pages & EP 137189 A	1-4, 7, 14, 15-18/5, 6, 8-13, 19, 20
Y/A	JP 10-267801 A (Kabushiki Kaisha Advance), 09 October, 1998 (09.10.98), (Family: none)	1-4, 7, 14, 15-18/5, 6, 8-13, 19, 20
Y/A	WO 2003/044519 A (NEC Corp.), 30 May, 2003 (30.05.03), Page 3, the last line to page 4, line 2 & JP 2003-222611 A	1-4, 7, 14, 15-18/5, 6, 8-13, 19, 20

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
13 August, 2004 (13.08.04)Date of mailing of the international search report  
07 September, 2004 (07.09.04)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01N1/00, G01N35/08

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01N1/00, G01N35/08, G01N37/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y/A	WO 2002/066992 A (科学技術振興事業団) 2002. 08. 29 全頁 & EP 137189 A	1-4, 7, 14, 15- 18/5, 6, 8-13, 19, 20
Y/A	JP 10-267801 A (株式会社アドバンズ) 1998. 10. 09 (ファミリーなし)	1-4, 7, 14, 15- 18/5, 6, 8-13, 19, 20

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

13. 08. 2004

国際調査報告の発送日

07. 9. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

山村 祥子

2 J

9 2 1 7

電話番号 03-3581-1101 内線 3251

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y/A	WO 2003/044519 A(日本電気株式会社)2003.05.30 第3頁最終行ー第4頁第2行 & JP 2003-222611 A	1-4, 7, 14, 15- 18/5, 6, 8-13, 19, 20